36



GRANDES EPOCAS de la AVIACION



DISEÑADORES Y PILOTOS DE PRUEBAS II

TIME LIFE
folio

GRANDES ÉPOCAS
de la
AVIACIÓN

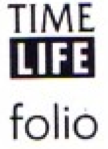
36



GRANDES ÉPOCAS de la AVIACIÓN

36

DISEÑADORES Y PILOTOS DE PRUEBAS II



folio

Dirección editorial: Julián Viñuales Solé

Coordinación editorial: Julián Viñuales Lorenzo

Autor: Richard P. Hallion

Asesores científicos: Tom D. Crouch y Howard S. Wolko

Dirección técnica: Pilar Mora

Coordinación técnica: Miguel Ángel Roig

Título original: *Designers and test Pilots*

Traducción: María Elena Aparicio Aldazabal

Diseño cubierta: Singular

Publicado por:
Ediciones Folio, S.A.
Muntaner, 371-373
08021 Barcelona

ISBN: 84-7583-945-2 (obra completa)
ISBN: 84-413-0146-8 (volumen 36)

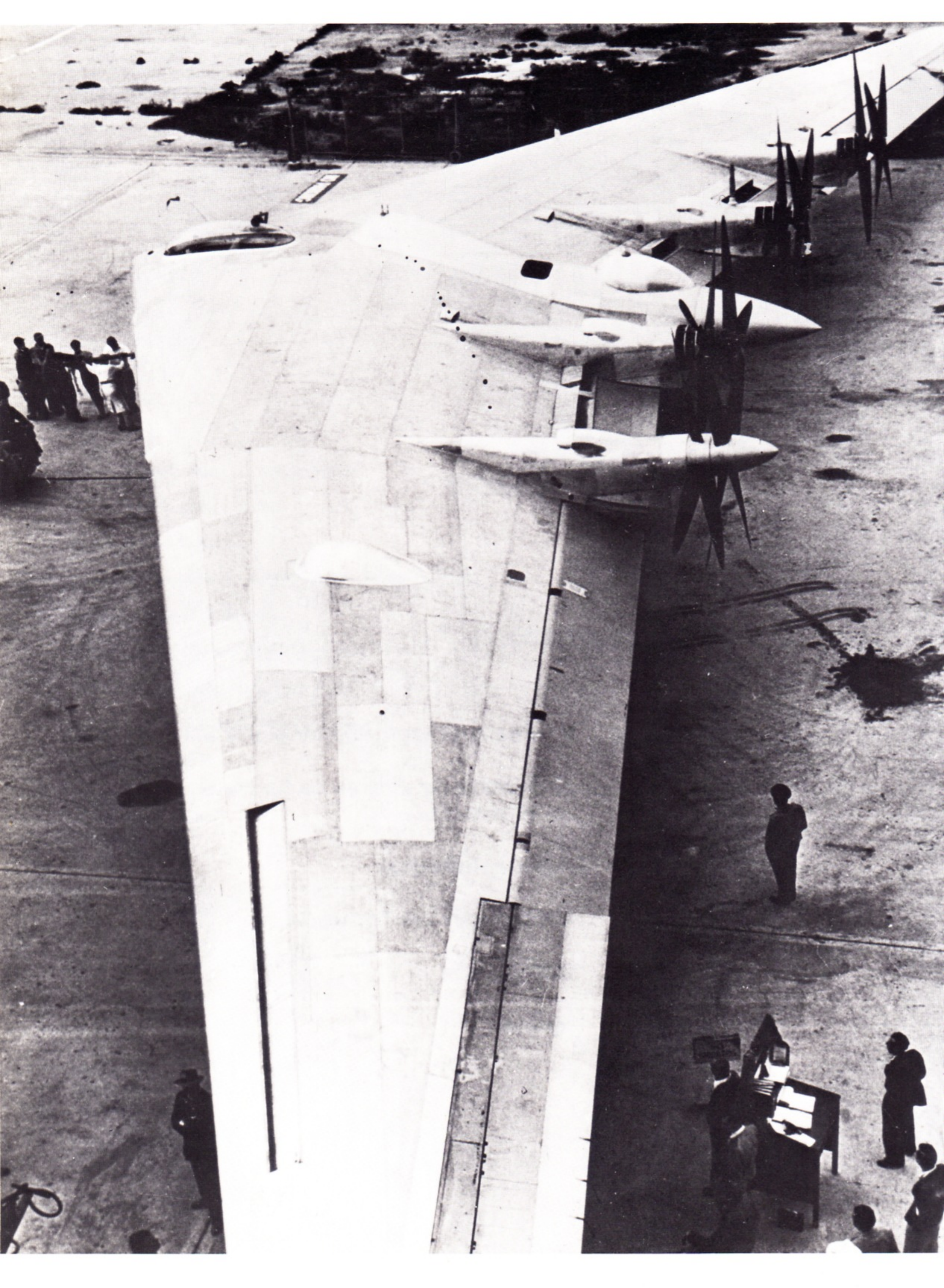
Fotocomposición:
Lettergraf, S.A.
(Barcelona)

Impresión:
Grafos, Arte sobre papel
(Barcelona)

Depósito legal: B-30243-94
Printed in Spain

CONTENIDO

VOLUMEN II



XB-35 de Northrop (arriba), el primer ototipo de bombardero a gran escala, surca cielo durante su primer vuelo de prueba, el de junio de 1946. Para supervisar su mportamiento, los ingenieros instalaron a cámara de televisión que enviaba ágenes de las lecturas de los instrumentos l XB-35 a una pantalla que estaba a bordo un avión de seguimiento P-61, del que se ede ver a la derecha el carenado del cubo la hélice.



l piloto de pruebas Max Stanley (izquierda) y su tripulación reciben las felicitaciones después del impecable vuelo del XB-35. El ala voladora se manejaba tan bien que anley no pudo por menos de decir: «Nunca hubiera pensado que el avión no tenía cola, si no hubiera mirado hacia atrás.»

s observadores examinan el XB-35 en la sta de Northrop (izquierda). Este avión y un gundo prototipo estaban equipados con élices contrarrotatorias de ocho palas, pero rgieron problemas en los engranajes ductores y a todos los modelos se les ontaron finalmente hélices de cuatro palas.



Una maqueta de una versión para pasajeros del ala voladora muestra el lujo que los «aviones de línea del futuro» iban a ofrecer. Los planes preveían espacio para 80 pasajeros.

Una modelo mira por la zona acristalada de la parte delantera del borde de ataque de la maqueta de avión de línea hecho con el ala voladora. Northrop Corporation estimó que el avión «sería capaz de atravesar Estados unidos en seis horas».

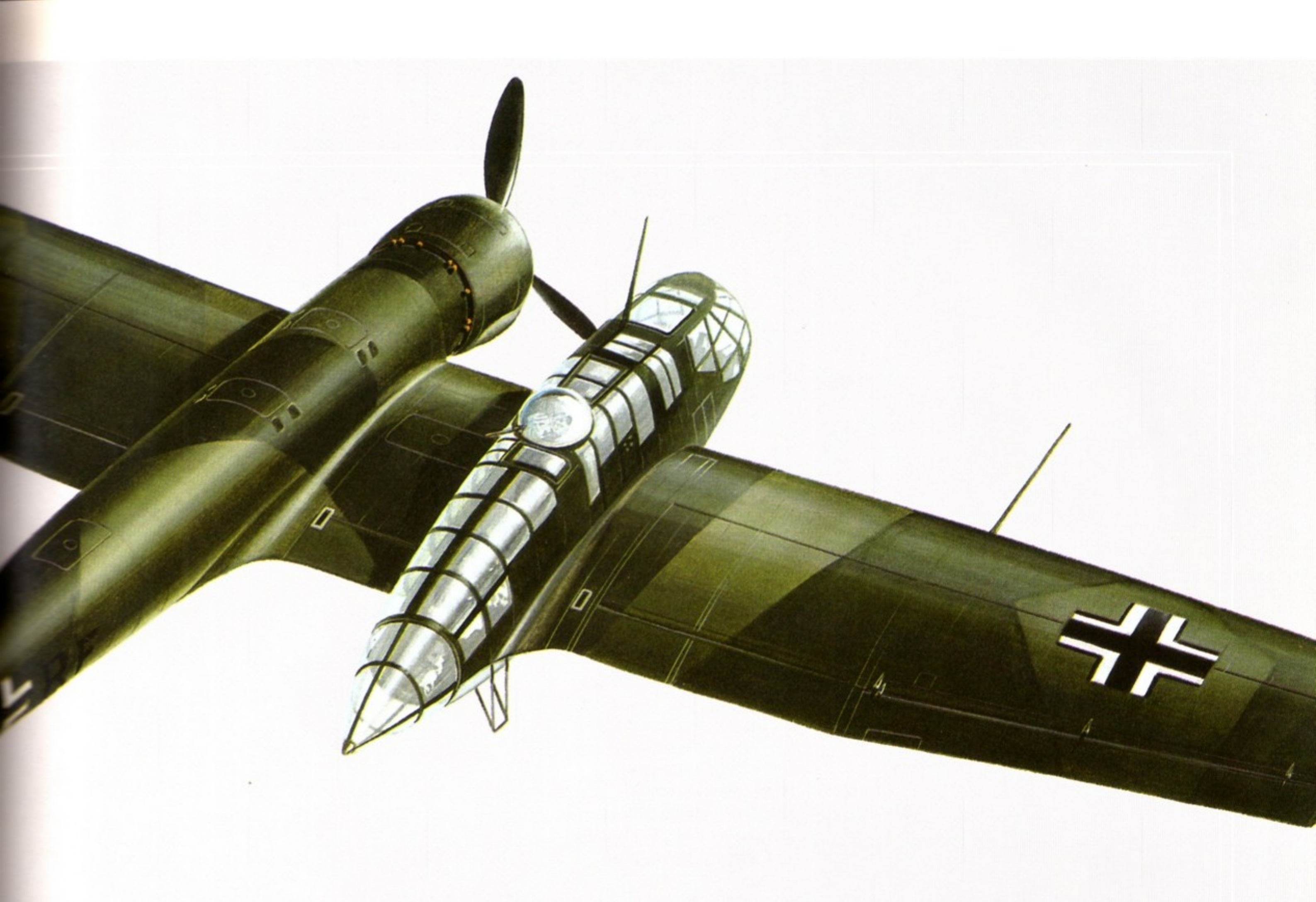


Alineados como boomerangs en el campo de Northrop, nueve alas voladoras con motor de pistón esperan la instalación de los turborreactores después del éxito de las pruebas del YB-49 impulsado por reacción. Solamente se había reconvertido un avión cuando la Fuerza Aérea abandonó el proyecto a finales de 1949.





BLOHM UND VOSS BV 141B-0 (1938)
Un observador, un piloto y un ametrallador ocupaban el compartimiento de tripulantes del BV 141. Desplazada a la derecha la barquilla acristalada contrarrestaba la tendencia del par motor a desviar a la izquierda una aeronave con un solo motor. El estabilizador horizontal estaba montado a un lado para mejorar el campo de tiro del ametrallador. Problemas mecánicos hicieron que el Ministerio del Aire alemán abandonase el BV 141 en 1942.

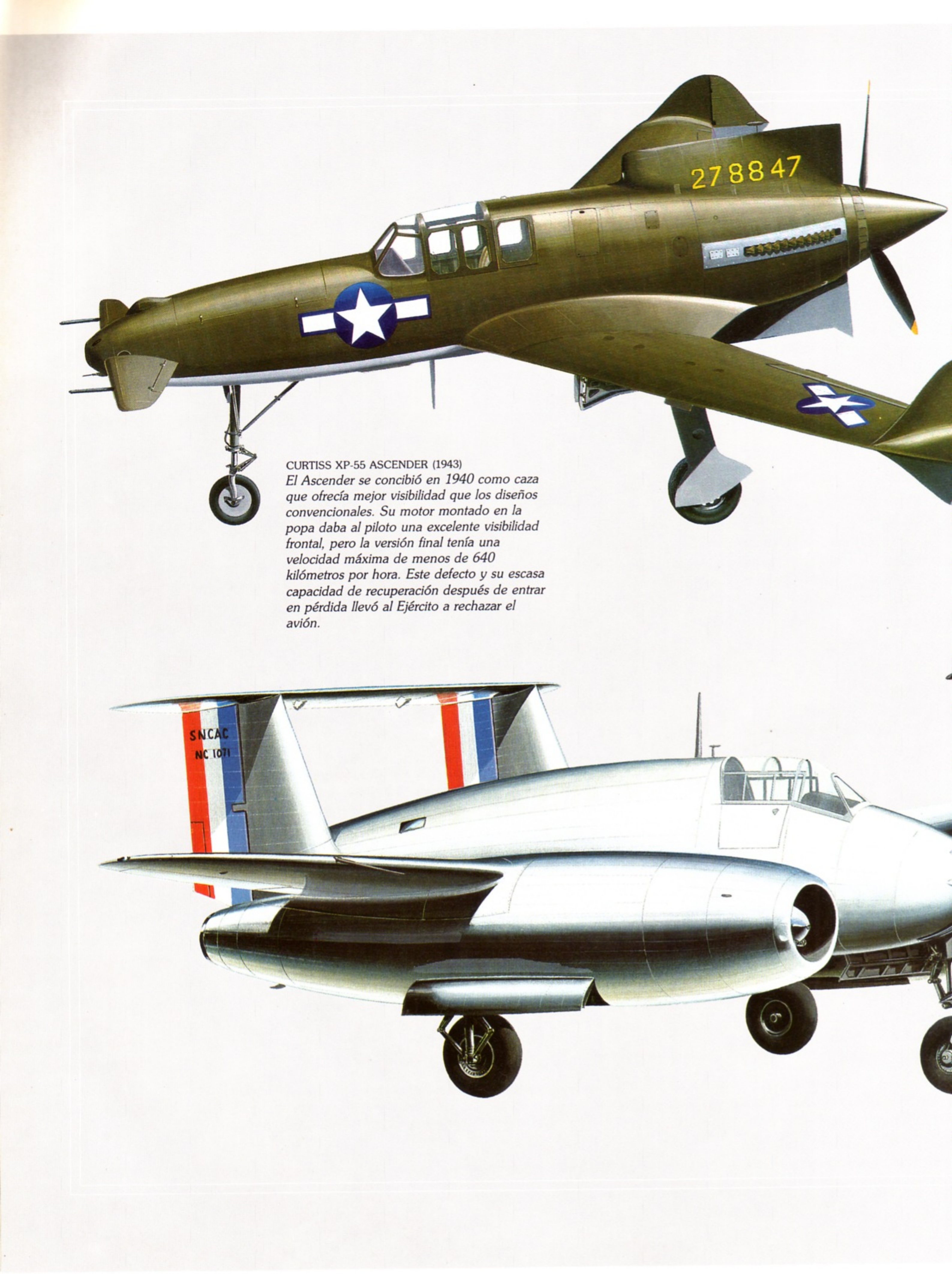


Extraños aviones de guerra que nunca entraron en combate

La segunda guerra mundial generó una extraña colección de aviones poco habituales en ambos bandos del conflicto. Ninguno de estos pájaros se fabricó en serie, pero todos ellos volaron. Y algunos de los aviones fueron pioneros en conceptos, tales como las alas en flecha y el tren de aterrizaje de tres ruedas, que posteriormente serían características estándar de aeronaves de excelentes prestaciones.

Sin excepción, estos aviones estuvieron inspirados por estrictas exigencias militares. El Blohm und Voss BV 141 (*arriba*) fue una solución lógica, aunque algo extraña al problema de ofrecer máxima visibilidad a un avión de observación de un solo motor. El Chance Vought V-173 «Tortita Voladora» (*izquierda*) fue el resultado de una petición de la Marina de Estados Unidos que deseaba un caza para portaaviones de despegue y aterrizaje corto (STOL). Debido a que las rarezas aeronáuticas que se muestran en éstas y en la siguientes páginas no funcionaron demasiado bien, todas se abandonaron durante las pruebas o poco después de ellas. La fecha en que voló cada avión se muestra entre paréntesis, y las aeronaves de páginas adyacentes están reproducidas a escala.

CHANCE VOUGHT-V-173 (1942)
Este prototipo de caza con forma de tortita se construyó para la Marina de Estados Unidos. El ala casi circular era para permitir velocidades inferiores a los 35 kilómetros por hora para despegues y aterrizajes verticales desde un barco que navegara proa al viento. La Marina rechazó el proyecto después de que en las pruebas se descubrieran graves problemas de estabilidad.

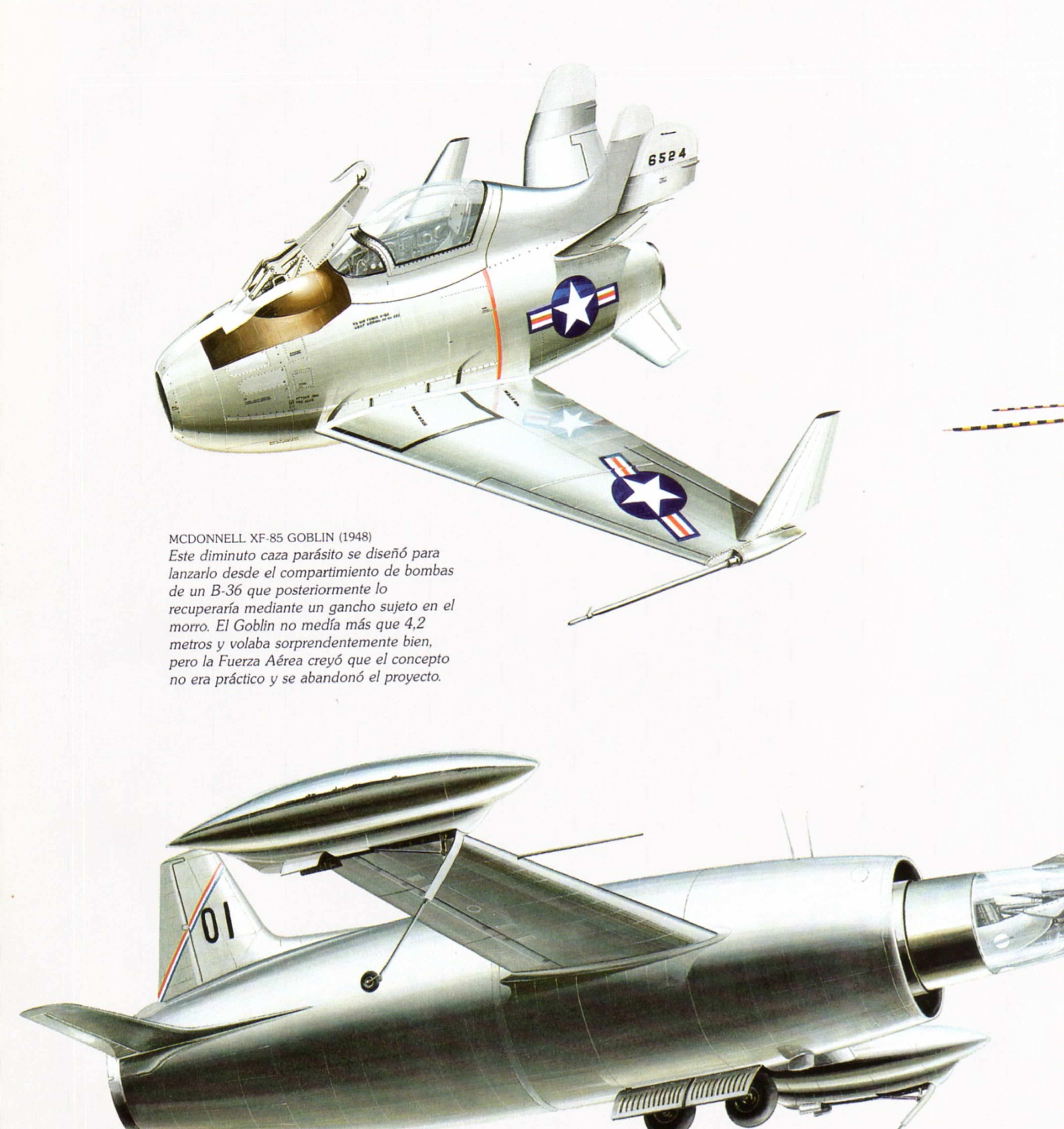


CURTISS XP-55 ASCENDER (1943)
El Ascender se concibió en 1940 como caza que ofrecía mejor visibilidad que los diseños convencionales. Su motor montado en la popa daba al piloto una excelente visibilidad frontal, pero la versión final tenía una velocidad máxima de menos de 640 kilómetros por hora. Este defecto y su escasa capacidad de recuperación después de entrar en pérdida llevó al Ejército a rechazar el avión.

NORTHROP XP-56 (1943)
Impulsado por un motor radial de 2.000 caballos de potencia montado en popa que llevaba dos hélices contrarrotatorias, este interceptador sin cola se fabricó por completo con magnesio, material muy ligero. Tenía proyectada una velocidad máxima de 745 kilómetros por hora, pero resultaba tan difícil de controlar que el Ejército suspendió las pruebas después de los primeros vuelos.

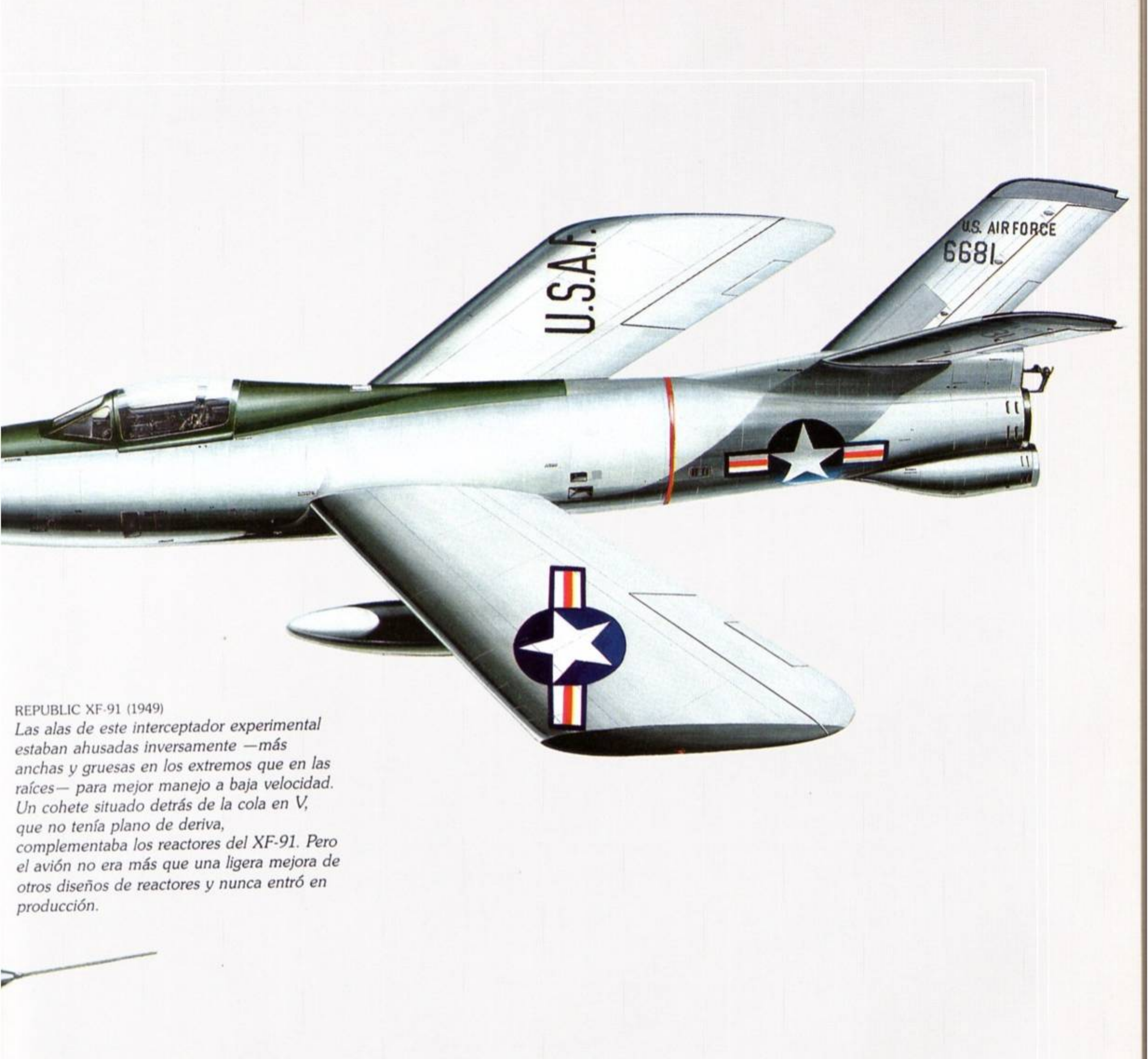


AÉROCENTRE N.C. 1071 (1948)
Las dos góndolas de los reactores de este avión francés de instrucción con base en portaaviones se extendían hasta la cola del avión y contaban con aletas unidas por el estabilizador horizontal; para su almacenaje dentro del barco, cada ala se plegaba en tres secciones. La velocidad máxima del avión, 788 kilómetros por hora, representaba un avance tan pequeño sobre los aviones con motor de pistón que el proyecto se abandonó.



MCDONNELL XF-85 GOBLIN (1948)

Este diminuto caza parásito se diseñó para lanzarlo desde el compartimiento de bombas de un B-36 que posteriormente lo recuperaría mediante un gancho sujeto en el morro. El Goblin no medía más que 4,2 metros y volaba sorprendentemente bien, pero la Fuerza Aérea creyó que el concepto no era práctico y se abandonó el proyecto.



REPUBLIC XF-91 (1949)
Las alas de este interceptador experimental estaban ahusadas inversamente —más anchas y gruesas en los extremos que en las raíces— para mejor manejo a baja velocidad. Un cohete situado detrás de la cola en V, que no tenía plano de deriva, complementaba los reactores del XF-91. Pero el avión no era más que una ligera mejora de otros diseños de reactores y nunca entró en producción.

LEDUC 010 (1947)
Propulsado por un motor autorreactor, en el que el aire para la combustión se comprime exclusivamente mediante el movimiento del avión a través de la atmósfera, este aparato de investigación francés tenía que ser lanzado a gran velocidad desde un avión nodriza. Un fuselaje interno alojaba la carlinga y una envuelta exterior conformaba la admisión circular de aire del reactor. Técnicamente la idea era buena, pero el motor autorreactor quemaba demasiado combustible para ser práctico.

4

Vuelos más rápidos que el sonido

Una mañana de 1941, el piloto de pruebas de Lockheed Ralph Virden despegó desde la fábrica de la empresa en Burbank a bordo de un P-38 Lightning, un rápido interceptado de motores gemelos. En picado, el P-38 podía alcanzar velocidades muy elevadas, por encima de los 800 km por hora. Sin embargo, los informes de los pilotos de la Armada sugerían insistentemente que algo fallaba cuando se llevaba a ese límite al P-38. En ocasiones se zarandeaba y se agitaba violentamente, mientras que la proa tiraba insistentemente hacia abajo a medida que el avión aceleraba. El piloto sólo podía salir del picado si tiraba de la palanca de mando con todas sus fuerzas. Con la esperanza de eliminar este problema, los ingenieros de Lockheed habían diseñado un sistema perfeccionado de mandos que permitiese al piloto ejercer más fuerza sobre los timones de profundidad. Virden hacía aquel vuelo para probar ese sistema.

Empezó con una serie de picados, de los que salía a 2.500 metros de altitud. Los trabajadores de la fábrica de Lockheed estaban tan acostumbrados al agudo silbido emitido por los P-38 cuando se les sometía a pruebas, que no repararon en el avión de Virden, que volaba y hacía picados por encima de sus cabezas. Sin embargo, en uno de los picados, el P-38 atrajo la atención de todos, pues descendía vertiginosamente con el motor aullando cada vez más alto. Los horrorizados testigos observaron cómo el estabilizador horizontal saltaba por los aires y el resto del malhadado avión se estrellaba contra el suelo. El piloto murió instantáneamente. Virden había pasado a ser una de las primeras víctimas de un fenómeno poco conocido, que pronto iba a sembrar el pánico y a plantear el mayor desafío a la aviación desde la época en que los hermanos Wright se separaron del suelo.

Después del accidente, Lockheed y el Comité Nacional de Asesoramiento Aeronáutico (NACA) adoptaron rápidamente medidas para que el P-38 fuera seguro en los picados. Añadieron dos grandes flaps desaceleradores en la parte inferior de las alas. Cuando se extendían en la corriente de aire, impedían que el P-38 acelerase hasta una velocidad que pudiera despedazarlo. Modificado de esta manera, el avión pasó a prestar un prolongado y excelente servicio en todos los teatros de la guerra. No obstante, los flaps desaceleradores no eran sino un recurso de emergencia, no la respuesta al problema de los vuelos a gran velocidad.



El Bell X-1, primer avión en romper la barrera del sonido, cuelga suspendido de una Superfortaleza B-29 mientras el bombardero gana altura sobre el Campo de Aviación Muroc, del Ejército, en California, el 9 de diciembre de 1946. Después de que lo soltaran, el avión-cohete subió hasta los 7.500 metros, donde el tenue aire ofrecería poca resistencia mientras el X-1 aceleraba para rebasar los 1.445 kilómetros por hora.



Hacía más de una década que los científicos aeronáuticos sabían que cuando un objeto se acercaba a la velocidad del sonido se empezaban a formar ondas de choque en torno a él (*ver recuadro*). Sin embargo, esa velocidad no es constante; al nivel del mar es de unos 1.200 kilómetros por hora, mientras que a 12.000 metros de altitud desciende hasta los 1.050 kilómetros. Para evitar la ambigüedad, los científicos adoptaron la convención del número Mach, que recibe el nombre de Ernst Mach, el físico austriaco del siglo XIX que calculó la velocidad del sonido. El número Mach de un avión es equivalente a su velocidad dividida por la velocidad del sonido a la altitud del avión. De este modo, se dice que un avión que vuela a la velocidad del sonido tiene una velocidad de Mach 1, sea cual sea la altitud. Un instrumento de la carlinga, llamado el Machmetro, mide la velocidad relativa según esta fórmula.

Virden había hecho picados aproximadamente a Mach 0,7, cuando el estabilizador horizontal de su P-38 se desprendió. Las ondas de choque no se forman hasta la velocidad de Mach 1 y no obstante, habían ocasionado la destrucción del aparato. Esta aparente contradicción tiene una sencilla explicación. La velocidad del aire que fluye en torno a un avión nunca es uniforme. Si lo fuera, el avión no conseguiría despegar del suelo; las alas producen fuerza ascensional en parte porque el aire se desplaza más rápidamente por la superficie superior que por la inferior (*página 20*). En el picado fatal de Virden, la velocidad del aire sobre el ala puede que fuese de 1.120 kilómetros por hora o superior, muy por encima de Mach 1 en su altitud. Las ondas de choque generadas causaron turbulencias tras las alas con tal violencia que arrancaron la cola. Los teóricos pensaban que los efectos de las ondas de choque podían decrecer a medida que se superaba la velocidad Mach 1, pero muchos dudaban de que un avión que acelerase hasta la velocidad del sonido pudiera sobrevivir lo suficiente para averiguarlo. Algunos hablaban sombríamente de una barrera del sonido que ningún avión podría superar de manera segura.

Dos teóricos estadounidenses, que trabajaban independientemente el uno de otro, no compartían esa opinión. Para Ezra Kotcher, un civil que trabajaba para las Fuerzas Aéreas del Ejército, y John Stack, del NACA, la barrera del sonido no era más que un rompecabezas que esperaba desafiante que alguien encontrase la solución. Los dos científicos no podían ser más distintos. Kotcher

Cómo se forman las ondas de choque a la velocidad del sonido

Cuando un avión vuela por los aires, su movimiento crea pequeñas perturbaciones, u ondas de presión, que irradian de su superficie.

A velocidades subsónicas las ondas se mueven por delante y por detrás del avión, *(primer diagrama a la derecha)*. Sin embargo, a la velocidad del sonido, *(segundo diagrama)* las ondas ya no pueden adelantarse, puesto que el avión avanza junto a ellas. Por lo tanto, se acumulan en una onda de choque, perpendicular a la línea de vuelo, que puede impedir el funcionamiento de las superficies de mando del avión.

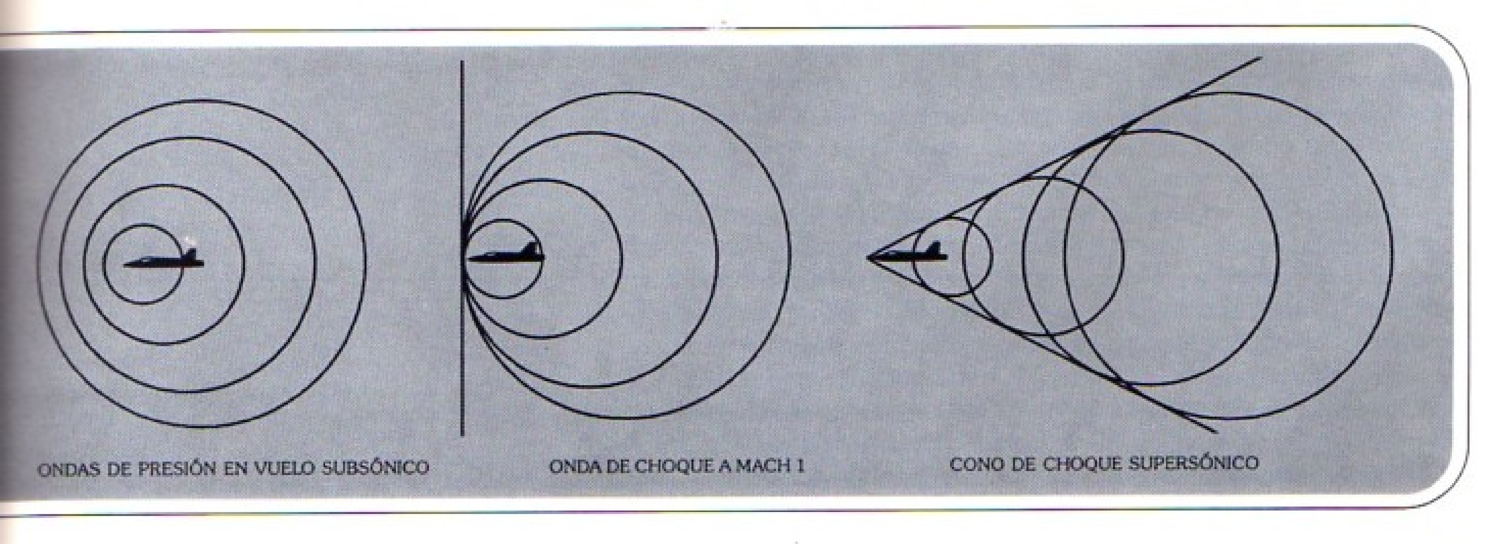
A velocidades supersónicas, el avión deja atrás sus ondas de presión *(tercer diagrama)*, y la onda de choque se inclina hacia atrás en una especie de «cono de choque». Cuando este cono alcanza la superficie terrestre, el súbito cambio de presión genera un estampido sónico.

tenía aspecto académico, y era de complexión ligera; le gustaba analizar paciente y metódicamente los problemas complicados para después proponer una solución, que frecuentemente era radical. Stack era un generador de energía, cuyas frecuentes explosiones de brillantez compensaban su obstinación, Ambos estaban convencidos de que era posible diseñar un avión que traspasara la llamada barrera del sonido.

Emplear un avión de investigación de tamaño natural y pilotado sería peligroso, porque el avión no se podría probar de antemano en un túnel aerodinámico, que era el método tradicional de estudiar la aerodinámica. La dificultad radicaba en las propias ondas de choque que los ingenieros querían estudiar. Siempre que la velocidad del viento superaba en un túnel el Mach 0,75, el límite inferior de la misteriosa región transónica cercana a la barrera del sonido, las ondas de choque surgidas del modelo rebotaban imprevisiblemente en las paredes que lo rodeaban y hacían que la observación no fuese fiable. Por encima del Mach 1,25 el problema desaparecía.

Kotcher sabía, por una conferencia del Ejército a la que había acudido en los años treinta, que los proyectiles de artillería no experimentaban efectos perniciosos cuando se desplazaban a mayor velocidad que el sonido. Se le ocurrió que la barrera del sonido podía parecer tan imponente básicamente porque no se podía estudiar en un túnel aerodinámico. Según indicó, la barrera del sonido era más bien una «barrera de la técnica del túnel aerodinámico». La aviación tenía dos opciones: esperar a que se inventase un túnel aerodinámico transónico o seguir adelante soslayando el túnel aerodinámico y empleando aviones supersónicos tripulados. Mientras Kotcher trabajaba casi siempre en solitario, en la idea de un avión así, Stack reunió en el NACA un pequeño equipo de ingenieros jóvenes que se pusieron a analizar las posibles formas de una aeronave transónica y a prever los problemas con que podría tropezar en su carrera hacia la barrera del sonido. Como Kotcher, Stack estaba convencido de que un avión de prueba, a pesar del riesgo que ello supusiera para su piloto, ofrecería una información mucho más fiable y completa que la que se podría obtener con las otras alternativas: lanzar modelos impulsados por cohetes, o arrojar maquetas estilizadas desde grandes alturas para estudiar su comportamiento a gran velocidad.

Para 1943, el trabajo de Kotcher y Stack había adquirido un interés que iba más allá de lo meramente académico. Una epidemia de fallos en la sección


ONDAS DE PRESIÓN EN VUELO SUBSÓNICO ONDA DE CHOQUE A MACH 1 CONO DE CHOQUE SUPERSÓNICO



Theodore von Kármán, nacido en Hungría, cuya investigación contribuyó en gran medida al logro de los vuelos supersónicos, expone un planteamiento aerodinámico en una pizarra. «La alta velocidad tiene su utilidad —dijo una vez—. Personalmente, prefiero un ritmo más sosegado. No hay nada que me guste más que imaginarme paseando por París, igual que lo hacían mis padres en el viejo Budapest, en un simón con cochero y dos caballos.»

de cola, como el que había acabado con la vida de Virden, se había extendido entre los cazas de alta velocidad, como el Hawker Tiphoon británico. Un día de 1942, por ejemplo, tres Hawker Tiphoon había picado sobre unos Messerschmitt 109 sobre territorio francés. Dos de los cazas de la RAF cayeron a tierra después de que se les desprendiese la cola. Algunos diseñadores trataron de soslayar el problema, eliminando por completo la cola en los aviones; las alas volantes de Jack Northrop *(páginas 92-99)* fueron uno de tales intentos. En Alemania, Alexander Lippisch estaba diseñando un cohete interceptador sin cola, el Messerschmitt 163 Komet. Sin embargo, la mayoría de los diseñadores habían recurrido a medidas intermedias, dispositivos aerodinámicos de freno y superficies de cola construidas de manera mucho más robusta que lo que se había estimado necesario con anterioridad.

El asalto a la barrera del sonido empezó a cobrar impulso en 1944, después de que Ezra Kotcher publicase un artículo en el que se comparaban las ventajas de la propulsión por reactor y por cohete en los aviones de investigación de alta velocidad. La investigación de Kotcher, que humorísticamente tituló «El Estudio Mach 0,999», debido a la supuestamente infranqueable barrera del sonido, le llevó a recomendar un aparato impulsado por cohete. Sus cálculos indicaban que los turborreactores de la época no podían conseguir suficiente impulso para propulsar a un aeroplano a velocidades supersónicas. Theodore von Kármán, director del prestigioso Laboratorio Aeronáutico Guggenheim del Instituto de Tecnología de California y asesor científico de las Fuerzas Aéreas del Ejército, aprobó la proposición de Kotcher y para el otoño de 1944 las Fuerzas Aéreas del Ejército (FAE) estaban deseosas de desarrollar un avión supersónico de investigación impulsado por cohetes. John Stack, en el NACA, no era tan entusiasta. Él, junto con un panel de ingenieros del comité, tenía la impresión de que un motor de reacción sería más seguro; los motores de cohete, con sus combustibles explosivos, eran poco conocidos. No obstante, a diferencia de las FAE, el NACA carecía de fondos para encargar la construcción de un avión. Así pues, Stack y sus colegas se unieron a los militares en su apoyo de un aparato impulsado

por cohetes. Todo lo que hacía falta era que alguien lo diseñase y lo construyese.

El 30 de noviembre de 1944, un conocido diseñador de aeronaves se presentó en la oficina de Erza Kotcher en el Campo de Aviación Wright, para charlar un rato. Se llamaba Robert J. Woods, tenía cuarenta años de edad y una licenciatura por la Universidad de Michigan. Al principio de su carrera aeronáutica en el Laboratorio Langley, del NACA, había compartido mesa con John Stack. Woods era socio de Lawrence Dale Bell en Bell Aircraft Corporation, en Buffalo, estado de Nueva York. El nombre Bell era sinónimo de aviones innovadores y Woods, en su calidad de ingeniero jefe, había colaborado en muchos de ellos. Junto con Harlan Poyer, había desarrollado en 1939 un caza monomotor llamado P-39 Airacobra. El motor estaba detrás de la carlinga, cerca del centro de gravedad del aparato; la potencia se transmitía a las hélices a través de un largo eje. A pesar de su diseño imaginativo, el P-39 tenía poca fuerza motriz, con lo que su eficacia como caza por encima de los 3.000 metros quedaba bastante limitada. No obstante, prestó un intenso servicio en la Fuerza Aérea Soviética, dentro del programa de Préstamo y Arriendo.

Otro de los diseños de Woods, el FM-1 Airacuda, era un interceptador bimotor. Tenía hélices propulsoras y un ametrallador sentado delante de la góndola de cada uno de los motores. El FM-1 podría haber sido útil, pero su configuración resultó demasiado radical para los planificadores militares, de ideas bastante conservadoras. Posteriormente, Woods dirigió los trabajos de diseño que produjeron el primer avión estadounidense de reacción, el Bell XP-59A Airacomet.

La visita de Woods al Campo de Aviación Wright fue producto de la casualidad. Kotcher ya había hablado con otros diseñadores acerca de un avión de investigación supersónico. Aunque todos estaban de acuerdo en que tal vehículo sería interesante, las empresas con las que trabajaban habían rehusado hacerse cargo del proyecto; las probabilidades de que se produjese un embarazoso fracaso eran demasiado elevadas. Con Woods y Bell Aircraft sería diferente, pensaba Kotcher.

Kotcher fue directamente al grano: ¿Le interesaría a Bell desarrollar un avión capaz de alcanzar una velocidad de 1.300 kilómetros por hora a 11.500 metros de altitud? Woods dijo que sí sin dudarlo. Llamó a Larry Bell y le dijo: «Es mejor que te sientes y te tranquilices. Tengo que darte una noticia. Acabo de comprometerte a la producción de un avión de 1.300 kilómetros por hora». Bell no se lo creía. «¿Qué dices que has hecho?», exclamó. No obstante, confiaba en su ingeniero jefe y sabía que Woods podía cumplir sus promesas. Mantuvo en pie el compromiso. Las FAE habían encontrado a su contratista.

Woods volvió inmediatamente a Buffalo y eligió un equipo de diseño, en el que participaron Robert Stanley, un piloto de pruebas de Bell que había llevado a cabo el primer vuelo del XP-59A, y los cuatro mejores ingenieros de Bell: Benson Hamlin, Paul Emmons, Stanley Smith y Roy Sandstrom. En diciembre de 1944, Bell, el NACA y las FAE acordaron la carga: 225 kilos de instrumentos que registrarían las fuerzas aerodinámicas soportadas por el avión a medida que éste se acercara y, tal vez, atravesara la barrera del sonido. A partir de ese momento, el equipo de Bell empezó a trabajar con la mayor dedicación.

Woods envió a Ben Hamlin y Paul Emmons a visitar los laboratorios aeronáuticos del país para reunir la información que pudiesen sobre configura-

ciones adecuadas para el ambicioso aparato, qué forma debería tener el fuselaje, qué tipo de alas debería tener, cómo había que diseñar la cola. «Varias personas nos indicaron las diversas ideas que tenían —recordaba Hamlin posteriormente—, pero todos y cada uno de ellos acababan añadiendo la misma coletilla: 'pero en realidad, no podemos asegurar nada, porque nada sabemos a ciencia cierta'.» Al final, los dos ingenieros recomendaron que el fuselaje del avión se diseñase con los contornos de una bala del calibre 12,7 mm, puesto que los expertos en balística estaban de acuerdo en que la forma del proyectil parecía conferirle buena estabilidad a velocidades cercanas a Mach 1.

Los expertos en aerodinámica mantenían diferencias sustanciales en lo relativo a las alas. Tenían que ser más delgadas que las tradicionales, pero ¿cuánto más delgadas? Los ingenieros expresan el grosor de las alas en forma de porcentaje que, en realidad, es la relación existente entre el grosor del ala y la distancia entre el borde de ataque y el borde de salida de las alas, lo que se conoce también como cuerda del ala. En la mayoría de los aviones de mediados de la década de 1940, esta proporción oscilaba entre el 12 y el 15 por ciento. Parte del personal del NACA abogaba por una ala del 10 por ciento para el X-1. Un plano aerodinámico de ese espesor se encontraría con las problemáticas ondas de choque a una velocidad relativamente baja y segura. Otros preferían un espesor del 8 por ciento, para retrasar todo lo posible la aparición de las ondas de choque. De esta forma, el avión quedaría expuesto a esas ondas durante un tiempo más reducido, antes de escapar a través de la barrera del sonido. Los ingenieros de Bell se remitieron a Floyd Thompson, una autoridad del NACA en materia de alas. Examinó las pruebas de ambos bandos y llegó a la conclusión de que unas alas del 8 por ciento serían lo más adecuado para penetrar la barrera del sonido.

Después había que recapacitar sobre la cola. John Stack recomendaba que Bell instalase el estabilizador en el plano de deriva, muy por encima de las turbulencias que se formarían tras las alas a velocidades transónicas. Tal turbulencia perturbaría el flujo uniforme del aire sobre las superficies de la cola, que era imprescindible para que el piloto controlase el cabeceo del avión. Stack también insistió en que el estabilizador horizontal fuese más delgado que el ala. De esta manera, las ondas de choque se formarían en el ala a una velocidad inferior a la correspondiente a la cola, lo que haría improbable que ambas sufrieran los efectos nocivos simultáneamente. El grupo de ingenieros de Wood estuvo de acuerdo, y luego dieron un paso más adelante. Con la sospecha, fundada en el comportamiento de los aviones en los picados, de que los timones de profundidad perdían eficacia a grandes velocidades, diseñaron la totalidad del estabilizador horizontal como elemento pivotante. De esta manera, si cuando se aproximase a Mach 1 el piloto necesitaba más «autoridad de mando» que la que podían ofrecer los timones de profundidad, podía mover todo el estabilizador con un botón de compensación montado en la palanca de mando.

El avión iba a ser pequeño, menos de nueve metros y medio de largo y una envergadura de ocho metros y medio. Para la carlinga, los diseñadores idearon una cubierta que encajase a paño con la proa del avión; una cubierta protuberante produciría demasiada resistencia al avance. El avión tenía que soportar esfuerzos cuando menos del doble del máximo previsto por las FAE para sus cazas. Esto parecía una tarea imponente pero, a medida

que el avión progresaba, los ingenieros de Bell descubrieron que realizarla les iba a exigir poco más que aumentar el grosor del recubrimiento de aluminio de las alas para hacerlas más fuertes y rígidas. Allí donde las alas se unían al fuselaje, se dio a la cobertura un espesor de 12,5 milímetros; en un caza, esa medida era de 2,5 milímetros.

Los diseñadores calcularon que haría falta un empuje de 2.700 kilos, durante cuatro minutos, para que el avión pudiese despegar, ascender a 12.500 metros y acelerar hasta los 1.300 kilómetros por hora. Afortunadamente, había un cohete capaz de hacerlo, construido por Aerojet Engineering Corporation, de Pasadena. Estaba diseñado para un caza experimental denominado XP-79, uno de los diseños de ala volante de Northrop. Tal y como se esperaba, el combustible para el motor cohete del avión planteaba graves problemas de seguridad. El motor Aerojet generaba su empuje de 2.700 kilogramos al quemar en una única cámara de combustión una mezcla de dos líquidos extremadamente explosivos: ácido nítrico fumante rojo y anilina. Estos dos compuestos eran tan inestables que cuando se unían, ardían espontáneamente.

Para comprobar personalmente lo que podría pasar cuando se combinasen los compuestos químicos, los miembros del equipo compraron una frasco de cada uno de ellos, las unieron con cinta adhesiva y los estrellaron contra unas rocas aisladas que había en las inmediaciones de la fábrica. El contenido explotó con una feroz llamarada que no dejó lugar a dudas sobre el grave peligro que tanto para el piloto como para el avión, suponía una fuga de combustible o un accidente en el despegue.

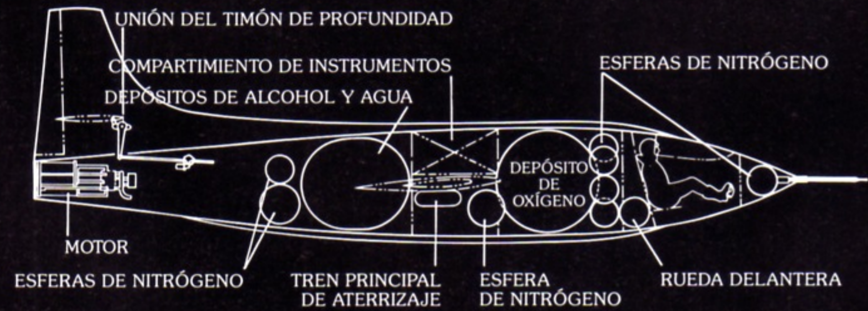
Impresionados por lo que habían visto, los ingenieros de Bell optaron por un motor fabricado por Reaction Motors, Inc. (RMI), de Pompton Plains, New Jersey. Este cohete, que en realidad se trataba de cuatro motores en uno, utilizaba una combinación menos peligrosa de oxígeno líquido (LOX) y alcohol diluido. Cada cámara de combustión generaba un empuje de 675 kilogramos; encendiéndolas o apagándolas escalonadamente, el piloto podía controlar la potencia de la planta motriz.

Los diseñadores de Bell pensaron en emplear un nuevo tipo de bomba de combustible ultrarrápida para inyectar los propulsantes en el motor RMI, pero la bomba producía múltiples problemas, por lo que tuvieron que recurrir a otro sistema de alimentación de combustible, que empleaba nitrógeno envasado a alta presión en varias esferas de acero. Los depósitos de nitrógeno y sus conductos de alimentación añadían prácticamente una tonelada al peso del avión, y el espacio que ocupaban los depósitos reducía a la mitad la capacidad de combustible del aparato. En vista de este inconveniente, los ingenieros abandonaron la idea de que el avión despegase por sus propios medios y modificaron una Superfortaleza volante Boeing B-29 para que llevase el avión-cohete suspendido de unos enganches en la bodega de bombas, y lo soltase entre 6.000 y 7.500 metros de altura. Cuando se consumiese el combustible del cohete, el avión se deslizaría hasta tierra para realizar un aterrizaje con motor parado.

En mayo de 1945, el equipo de Bell había concluido el diseño. Las FAE llamaron XS-1 al avión (Experimental Sonic-1), pero el mundo lo iba a conocer simplemente como X-1. «Hacía falta una decisión y un arrojo inquebrantables para emprender una misión de la que tan pocas personas esperaban un final feliz, un entusiasmo casi ilimitado para superar los muchos obstáculos e incógnitas y, sobre todo, una imaginación exenta de prejuicios para apar-

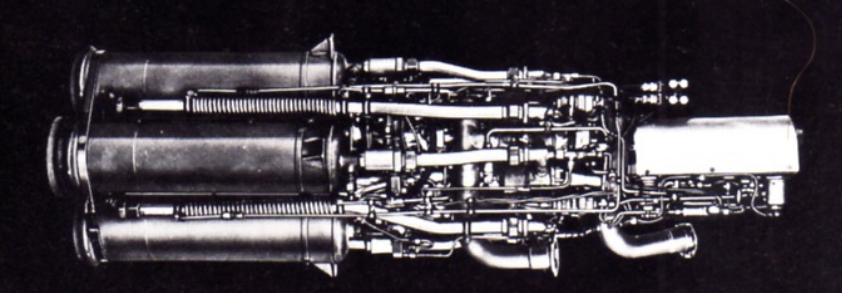
Anatomía del X-1

Este X-1, el segundo de tres, tenía unas alas ligeramente más gruesas que las del avión que Chuck Yeager había empleado para romper la barrera del sonido en 1947.



Dos grandes depósitos esféricos contenían el combustible del X-1, que se inyectaba al motor-cohete mediante gas nitrógeno no inflamable almacenado a presión en esferas más pequeñas. El nitrógeno del depósito del morro presurizaba la carlinga.

El motor-cohete del X-1 tenía cuatro cámaras de combustión, cada una de las cuales generaba un empuje de 675 kilogramos. A plena potencia, el cohete consumía toda la carga de combustible, 2.100 kilos, en sólo dos minutos y medio.



tarse tan drásticamente de todo lo conocido», escribió más tarde un ingeniero de Bell.

Las FAE habían hecho un pedido de tres X-1. El primero de ellos, con unas alas del 8 por ciento, salió de un hangar de montaje de Bell, en Buffalo, dos días después de la Navidad de 1945; los otros dos no estarían preparados hasta pasados unos meses. Uno de ellos lo emplearían los pilotos del NACA para realizar un estudio detallado de los vuelos transónicos. El tercero, por su parte, explotaría y se destruiría en tierra, antes de que pudiera hacer su primer vuelo con motor. En este momento, el X-1 no tenía motor; Reaction Motors no había concluido el trabajo con la unidad propulsora. El avión realizaría sus vuelos iniciales como planeador.

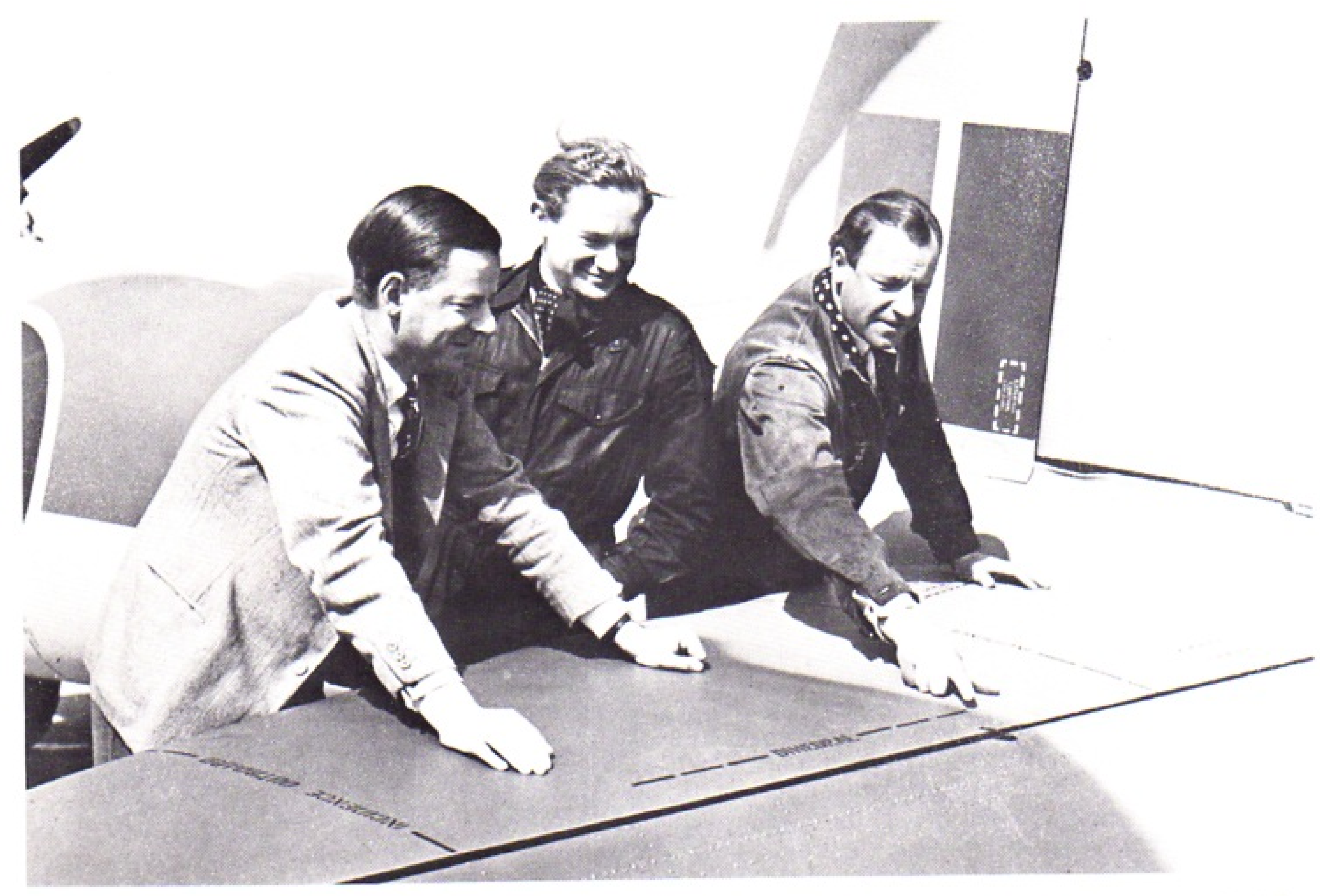
Las pruebas comenzaron casi inmediatamente. Buffalo, en enero, no era el lugar idóneo para probar un avión nuevo, así que los vuelos se realizaron en los tranquilos cielos del Campo de Aviación de Pinecastle, cerca de Orlando, en el estado de Florida. El piloto de pruebas de Bell, Jack Woolams, un experto ingeniero, como todos los pilotos de pruebas de la empresa, recibió el encargo de llevar a cabo la prueba.

El 19 de enero, los auxiliares de tierra engancharon el X-1 en el compartimiento de las bombas del B-29 nodriza. El pequeño avión, pintado de un chillón color naranja para mejor visibilidad, colgaba tan bajo que parecía en peligro de arañar la pista cuando despegó el B-29. A una altitud de 1.600 metros, Woolams descendió por una pequeña escalera desde la bodega del B-29 hasta una plataforma de madera contrachapada que estaba suspendida del bombardero, junto a la escotilla de entrada del X-1. Ensordecido por el ruido de los motores del B-29 y sacudido por el torbellino de las hélices del avión, a pesar de las paredes construidas en torno a la plataforma, Woolams fue metiéndose poco a poco en la carlinga a través de la escotilla. Se ajustó los cinturones de seguridad y cerró la escotilla. A 8.100 metros, con todo preparado, el X-1 fue liberado de sus enganches y se apartó del bombardero. Voló admirablemente durante el descenso de 10 minutos, y las pruebas de planeo prosiguieron.

Para el otoño, el X-1 había conseguido la aprobación para volar con motor. El lugar elegido se encontraba en las remotas extensiones del Desierto del Mojave, en California: Muroc, un campo de aviación de las FAE muy cercano al Lago Seco de Rogers. Con una superficie de 166 kilómetros cuadrados, el liso lecho del lago ofrecía un cómodo margen de error para los pilotos que aterrizaban en un avión que no se había probado.

El X-1 llegó al Lago Seco de Rogers en octubre de 1946. Jack Woolams se había matado meses antes, cuando pilotaba un avión especial de carreras. Chalmers «Slick» Goodlin, un antiguo piloto de la Marina de EE UU, que a la sazón contaba 23 años de edad y que se había incorporado a Bell después de la guerra, ocupó su lugar.

Negros nubarrones se habían cernido sobre el proyecto tras la muerte de Woolams, y también sobre el futuro de los vuelos a alta velocidad, después de la muerte de uno de los mejores pilotos de Gran Bretaña, Geoffrey de Havilland. Hijo del diseñador y constructor de aviones, había estado practicando para conseguir un récord de velocidad con uno de los aviones experimentales de la empresa, el Swallow, cuando a casi 9/10 de la velocidad del sonido, el reactor empezó a cabecear fuera de control. En cuestión de segundos, el avión se desintegró. La muerte del joven De Havilland conmo-



Los tres hijos de Geoffrey de Havilland (de izquierda a derecha, Peter, John y Geoffrey) examinan la cola de un De Havilland Mosquito. Peter trabajó como ejecutivo en la compañía de su padre. John, el hijo más joven, y Geoffrey, el mayor, fueron pilotos de pruebas. John se mató en 1943, cuando el Mosquito en el que volaba se estrelló contra otro; Geoffrey murió en 1946, cuando su D.H. 108 Swallow, el segundo de una serie de tres, se desintegró en vuelo.

cionó a la comunidad aeronáutica. Tal vez la barrera del sonido era tan impenetrable como parecía serlo.

Bell y el NACA querían que el X-1 se aproximase al Mach 1 por tramos de 25 a 30 kilómetros por hora (lo que equivale a sólo 0,02 ó 0,03 Mach), con la esperanza de que el avión les advirtiese si el siguiente paso iba a ser fatal. Además, estaban los 250 kilos de instrumental que había a bordo del X-1 para registrar todo lo que pasase. «En caso de que perdiéramos el avión —dijo Walter Williams, que dirigía el contingente del NACA en Muroc— al menos podríamos averiguar algo de lo que había pasado.»

El primer vuelo con motor del X-1 se programó para el 6 de diciembre de 1946. A primera hora de la mañana, el avión-cohete se amarró al B-29, se llenó de alcohol y oxígeno líquido yse izó a la bodega, con los costados de color naranja cubriéndose de escarcha, ya que el gélido LOX del interior del fuselaje hacía que se congelase la condensación por la parte de fuera. Después de introducirse en el X-1 y acomodarse en la carlinga, Goodlin comenzó sus comprobaciones previas al vuelo. Todo fue bien hasta que intentó abrir la válvula que daba presión a los depósitos de combustible. Por algún motivo, tal vez por un exceso de humedad, se había congelado y estaba cerrada.

Esto suponía una amenaza mortal para el X-1. Con la válvula cerrada, el motor-cohete no podía funcionar; tampoco se podía tirar el combustible. Hacer



El tercer Swallow surca el cielo con sus alas y su timón en flecha en una prueba inicial. El 6 de septiembre de 1948 este reactor se convirtió en el primer avión británico que superó la velocidad del sonido, pues llegó a Mach 1,04.

que el avión planease hasta aterrizar era imposible. Con toda la carga de combustible, pesaba más de lo que su tren de aterrizaje sería capaz de soportar. No habría manera de evitar un accidente.

Goodlin y la tripulación del bombardero discutieron nerviosamente y decidieron que el B-29 aterrizase con su carga explosiva. En tierra, Larry Bell observaba con creciente preocupación la vuelta del B-29 a Muroc. En ese momento, sin motivo aparente, el tren de aterrizaje delantero del X-1 salió de su receptáculo. Si se encasquillaba en la posición de bajada, haría que el bombardero tuviese un accidente y los dos aviones tendrían un aterrador final. En ese caso, la única alternativa sería deshacerse del X-1. Goodlin, sentado en la carlinga, accionó la palanca que hacía funcionar el tren de aterrizaje delantero, en el momento en que el B-29 se acercaba a la pista de Muroc. Afortunadamente, la rueda se replegó justo a tiempo, y el B-29 aterrizó sin problemas.

«Seguid intentándolo», dijo Larry Bell lacónicamente al equipo del X-1 antes de volver a Buffalo. Ellos siguieron intentándolo. Tres días después, tras eliminar hasta la última gota de humedad del circuito del combustible, Goodlin completó el primer vuelo con motor del X-1. En tierra, un observador de las FAE apreció «una llamarada que salió de la cola del cohete» en el momento de encender la primera unidad. Cada una de las cámaras de combustión se probó alternativamente, y después Goodlin encendió las cuatro a la vez, lo que le proyectó muy por delante del caza Loockheed P-80 que se había enviado a fotografiar el evento.

Para principios de enero, Goodlin había pilotado el avión hasta una velocidad de Mach 0,8 a una altitud de 10.500 metros y había informado que el avión se mantenía bajo un «perfecto control», sólo con una «muy leve vibración» que indicaba el inicio de la formación de ondas de choque. Para junio de 1947, las Fuerzas Aéreas del Ejército y el NACA estaban dispuestos a considerar el siguiente paso.

Su decisión iba a decepcionar a Slick Goodlin. Había sido una costumbre que los servicios militares dejasen a los civiles pilotar los nuevos aparatos hasta

sus límites. Sin embargo, dado que el proyecto X-1 exigía una gran participación de los organismos oficiales y que Bell quedaba exenta de ulteriores responsabilidades por lo que al comportamiento del aparato se refería, las FAE y el NACA decidieron asumir el control. Goodlin fue apartado de la lotería supersónica. Fue sustituido por un piloto de pruebas nuevo y relativamente desconocido, el capitán Charles E. «Chuck» Yeager, un as de caza de la segunda guerra mundial, natural de Hamlin, Virginia Occidental.

Yeager representaba a la vieja escuela de pilotos de pruebas, porque era menos ingeniero que extraordinario piloto. De hecho, tenía una escasa formación técnica. Sin embargo, al igual que los hermanos Wright o que Charles Lindbergh, tenía un don natural para la dinámica del vuelo y la capacidad para aplicar su percepción al vuelo. Durante la guerra, en su P-51 Mustang, Yeager había derribado 13 aviones de guerra alemanes, cinco de ellos en un solo día. Después de la guerra permaneció en las FAE y en 1946 fue uno de los primeros pilotos que se graduaron en la Flight Performance School, la escuela de formación de pilotos de pruebas de las Fuerzas Aéreas, sita en Vandalia, estado de Ohio. Yeager se había revelado como un alumno aplicado y bien dotado. En junio de 1947, cuando el coronel Albert Boyd, jefe de vuelos de prueba de las FAE, tuvo que elegir el sustituto de Goodlin, eligió al joven y recio capitán. Yeager a su vez, eligió a otros dos pilotos para que trabajasen con él: dos pilotos de pruebas, el capitán Jack Ridley, un estupendo ingeniero, y el teniente Bob Hoover, que actuaría de piloto de reserva.



El piloto de pruebas civil Chalmers «Slick» Goodlin se apoya airosamente en el X-1 al que sometió a las pruebas iniciales en Muroc, California. Goodlin dedicó la fotografía a Florence «Pancho» Barnes, la animada dueña y anfitriona del Fly Inn, uno de los abrevaderos preferidos de los aviadores de Muroc.

Yeager, Ridley y Hoover empezaron por estudiar el X-1 en la factoría de Bell en Buffalo, donde lo habían llevado para someterlo a operaciones de mantenimiento. Allí, el piloto de pruebas e ingeniero de Bell, Dick Frost, organizó unas clases preliminares para el equipo militar. Se familiarizaron con el avión-cohete y sus sistemas, y observaron las pruebas en tierra de su exótico motor-cohete. En julio, los tres pilotos y un equipo encabezado por el comandante Robert Cárdenas llevaron el X-1 de vuelta a Muroc, colgando de la panza del avión nodriza B-29.

Durante las reuniones diurnas y las conversaciones informales nocturnas en el bar de la Pancho's Fly Inn, uno de los sitios preferidos para tomar unas copas por la noche, Yeager y sus colegas pilotos especulaban sobre el proyecto y sus probabilidades de éxito. Yeager creía firmemente que el X-1 podría romper la barrera del sonido. «Cuando era un chaval tenía un rifle —recordaría décadas más tarde Yeager—. Sabía que la velocidad de las balas era supersónica. Recuerdo que de vez en cuando encontraba un proyectil bajo el agua, en la orilla de un estanque. Se podía apreciar que no estaba deformado ni nada parecido. Así que no creía que me fuese a pasar nada raro.» Sin embargo, antes de que Yeager pudiese probar su hipótesis tendría que aprender a manejar el X-1, y eso quería decir que tendría que empezar por pilotarlo como planeador.

La confianza de Yeager en el aparato se manifestó inmediatamente. En su primer vuelo, hizo un suave tonel durante el planeo a tierra. El siguiente día, hizo una barrena de dos vueltas. En su tercer y último vuelo, se divirtió con el piloto de seguimiento, Bob Hoover, en una pelea simulada prácticamente durante todo el descenso hasta que ambos llegaron a tierra. «No se parece a nada de lo que he pilotado», dijo Yeager del pequeño avión-cohete.

A finales de agosto, Yeager se preparó para su primer vuelo con motor. Bautizó el X-1 con el nombre de *Glamorous Glennis*, como su mujer, igual que había hecho con su Mustang durante la guerra. El 29 de agosto, el avión se dejó caer desde el B-29 a gran altura sobre el Desierto de Mojave, cerca de Muroc. Se suponía que Yeager tenía que llevar al X-1 hasta no más de Mach 0,8, pero el joven piloto hizo caer en picado el avión-cohete, permitiéndole alcanzar el Mach 0,85, el límite en el que se acababan los datos fiables sobre aerodinámica. Yeager esperaba una reprimenda y no tuvo que esperar para recibirla; el coronel Boyd, de vuelta en el Campo de Aviación Wright, le amonestó por escrito, indicándole que ni el piloto ni el avión eran sustituibles. «Así que, por favor —urgió Boyd—, aproxímese a velocidades mayores de manera progresiva y segura, a su juicio.» Eso fue lo que hizo Yeager en todos los vuelos que siguieron.

Había un ambiente de confianza en Muroc. Como dijo Richard Frost director de vuelos de prueba del proyecto X-1: «Si se podía hacer, sabíamos que podríamos hacerlo.» No obstante, la expectación se veía ensombrecida por la certeza de que el X-1 se estaba acercando a un gran vacío. Incluso los entusiastas como Walt Williams, del NACA, admitían tener una «sensación de desamparo a medida que nos empezábamos a quedar sin datos».

En un vuelo en el que el X-1 alcanzó el Mach 0,88, experimentó el zarandeo que otros aviones habían encontrado a velocidades muy inferiores. No obstante, el X-1 se había construido tan sólidamente que no había peligro de que se fuese a desintegrar. Una cuestión más preocupante era el hecho de saber si Yeager sería capaz de controlar el cabeceo del avión a medida que se acercase más a la barrera del sonido.

En cada vuelo de prueba, Yeager ponía al *Glamorous Glennis* cabeza abajo y tiraba de la palanca de mando para comprobar los timones de profundidad del aparato. Siempre habían funcionado satisfactoriamente, lanzando al avión



Los pilotos de Muroc se reúnen en torno al piano en la Pancho Barnes's Fly Inn. Antigua miembro de un circo aéreo, Pancho, que aparece en la foto con el piloto de pruebas de la Fuerza Aérea Chuck Yeager a su izquierda, se ganó su sobrenombre en la década de 1920, cuando hizo contrabando de armas para los revolucionarios mexicanos.

en un picado hacia tierra. Sin embargo, cuando Yeager intentó esta maniobra un día a Mach 0,94, los resultados fueron inesperados y alarmantes: no pasó nada. Los timones de profundidad no ejercían efecto alguno en la posición de vuelo del avión. Sensatamente, Yeager desconectó el motor del X-1 e hizo que el avión planease hasta aterrizar en Muroc.

Los ingenieros del NACA estudiaron los datos del vuelo y llegaron a una conclusión intranquilizadora. A Mach 0,94 se formaba una onda de choque ante los timones de profundidad que anulaba sus efectos. Había llegado el momento de probar con los medios adicionales de mando que se habían incorporado al aparato.

El 10 de octubre, el *Glamorous Glennis* se desprendió del B-29 en su octavo vuelo con motor. Yeager encendió las cuatro cámaras del motor-cohete y el X-1 se alejó en su vuelo ascendente, dejando tras de sí su habitual y gruesa estela de vapor. Tal y como estaba preparado, Bob Hoover volaba en un P-80 Shooting Star, a 16 kilómetros de distancia del punto de lanzamiento. Yaeger le superó rápidamente, en el momento en que el X-1 alcanzaba el Mach 0,94. Yeager repitió la maniobra que había puesto de manifiesto el problema del timón de profundidad, sólo que esta vez accionó el mando del actuador del compensador, además de tirar de la palanca de mando. El avión se lanzó en un picado perfecto. «Por lo que a mí concernía —recordaba Yeager—, lo teníamos chupado.»

Hasta el momento el vuelo se había desarrollado sin problemas, pero cuando Yeager empezó su planeo de descenso, el interior de la cubierta empezó a cubrirse de escarcha. La carlinga del X-1 siempre estaba incómodamente fría, a causa del gélido depósito de oxígeno líquido que estaba justo detrás de ella. Este día, el vapor de agua, procedente tal vez de un exceso de humedad del aire dentro de la carlinga antes de iniciar el vuelo, se condensó y se congeló. A pesar del empeño que puso, Yeager no pudo eliminar la escarcha. Hoover se acercó al costado del X-1 y empezó a retransmitir instrucciones a Yeager, guiándole hacia Muroc. Con el piloto de seguimiento dándole instrucciones, Yeager realizó un suave aterrizaje a ciegas en el Lago Seco de Rogers.

Yeager iba a encontrarse con una placentera sorpresa al día siguiente. Aunque su Machmetro había indicado Mach 0,94, no había funcionado adecuadamente. Los análisis de los datos posteriores al vuelo facilitados por el seguimiento de radar indicaban que el *Glamorous Glennis* había alcanzado en realidad una velocidad de Mach 0,997, infinitesimalmente cercana a la velocidad del sonido.

Antes del amanecer del martes 14 de octubre de 1947, los técnicos empezaron a trabajar para preparar al X-1 para otro vuelo. Volvieron a calibrar los instrumentos y empezaron a repostar el avión cohete con unos 1.100 litros de oxígeno líquido y otros tantos de alcohol.

Yeager no se encontraba en condiciones óptimas esa mañana de octubre. Después de su vuelo del viernes anterior, él y Glennis habían salido a pasear a caballo por el desierto durante un rato. A su regreso, Yeager no vio un portillo cerrado en el corral. Su caballo tropezó contra el portillo, se encabritó y arrojó al suelo a su jinete; Yeager cayó pesadamente.



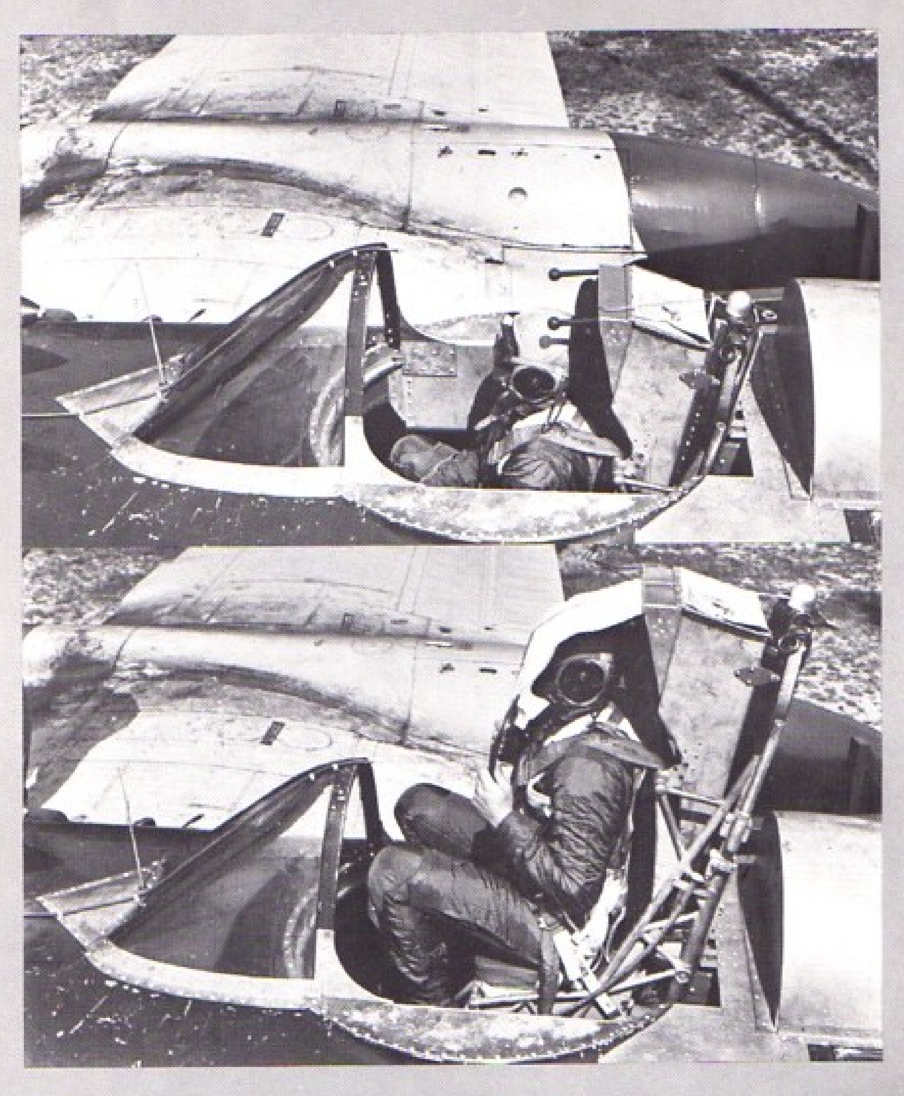
Un oficial se agarra, preparándose para la explosión que le hará ascender por una torre de acero de 35 metros de altura a una velocidad de sesenta y cinco kilómetros por hora. El asiento y el aparejo, construidos por la empresa británica Martin Baker Aircraft Company, se habían probado previamente con muñecos para asegurarse de que la conmoción de la expulsión no superaba lo humanamente soportable.

Un «asiento explosivo» para saltos a gran velocidad

El 1 de noviembre de 1946, mientras un bombardero del Ejército de Estados Unidos ronroneaba monótonamente a 1.500 metros de altitud sobre Lakehurst, Nueva Jersey, el teniente Al Furtek salió despedido súbitamente de su puesto de ametrallador, en el más reciente dispositivo automático para escape de un aeroplano: un asiento expulsable.

Los abandonos de emergencia de las aeronaves siempre habían sido arriesgados. La fuerza de la gravedad podía atrapar al piloto en el avión que caía en barrena. Si conseguía salir del aparato, podía chocar con la cola. Los rápidos aviones de reacción que se estaban desarrollando en la década de 1940 no harían sino aumentar los riesgos.

La Marina adoptó un nuevo «asiento explosivo», como acabaron llamando los pilotos al aparato que les proyectaba fuera del avión. Los primeros modelos sólo se podían emplear a alturas superiores a los 300 metros, y exigían que el piloto se desprendiese del asiento y tirase de la anilla de su paracaídas. Los asientos expulsables de fechas posteriores hacían todas estas funciones de forma automática y eran tan potentes que se podían emplear desde el suelo.



Una expulsión simulada muestra el aspecto del asiento antes (arriba) y después de la extensión parcial (derecha). El asiento se disparaba automáticamente cuando el piloto tiraba de una cortinilla de lona para protegerse la cara de las corrientes de aire a gran velocidad.



El teniente Furtek sale despedido de un bombardero Douglas JD-1 en la primera prueba real de un asiento expulsable realizada por la Marina. Cuando Furtek estuvo a seis metros del avión, se extendió un paracaídas troncocónico; medio segundo después se abrió el paracaídas principal del asiento. Furtex se soltó, dejó caer el asiento y bajó con su propio paracaídas, aterrizando sin incidentes.



El comandante de la Fuerza Aérea Chuck Yeager, el primer hombre que voló más deprisa que la velocidad del sonido, sale de una versión posterior del X-1. «La gente estaba verdaderamente sorprendida de que lo hubiésemos logrado —dijo después de su vuelo histórico—, y de descubrir que no se me habían caído las orejas ni nada por el estilo.»

El día siguiente, con fuertes dolores y temiendo que acaso se hubiera roto una costilla, Yeager acudió a la consulta de un médico civil, en la cercana población de Rosamond. Sabía que si acudía al médico de la Fuerza Aérea en Muroc, lo más probable era que tuviese que quedarse en tierra. El doctor confirmó los temores de Yeager: el piloto tenía dos costillas rotas en su costado derecho. Yeager hizo que el doctor le aplicase un vendaje adhesivo y volvió a Muroc, soportando estoicamente el dolor.

La noticia de la caída de Yeager se extendió rápidamente por Muroc, pero nadie se dio cuenta de lo mal que se encontraba. El piloto no estaba dispuesto a decírselo a nadie, salvo que tuviese graves problemas. Tenía que cerrar la escotilla del X-1 con la mano derecha y tenía miedo de no ser capaz de accionar el pestillo, a causa del dolor de sus costillas. Así que la mañana del vuelo, Yeager habló de sus problemas a Jack Ridley, su mejor amigo en el equipo del X-1. Consciente de lo que significaba el vuelo para Yeager, Ridley aceptó guardarle el secreto. Ridley se encargó de cortar veinticinco centímetros de un mango de escoba, para que Yeager pudiese llegar al pestillo con la mano izquierda. Preparado de esta manera, Yeager subió al B-29.

A las 10:02 de la mañana, con un sol brillante ya en el cielo, el B-29 se despertó con un rugido. El bombardero se deslizó por la pista y se elevó graciosamente en el aire. En tierra, el jefe de Muroc, el coronel Signa Gilkey, cerró el campo al resto del tráfico aéreo.

Cuando el B-29 alcanzó los mil seiscientos metros, Yeager abandonó el cavernoso compartimiento de las bombas para cambiarlo por las diminutas dimensiones del *Glamorous Glennis*. Con la ayuda de Jack Ridley se introdujo en la fría carlinga, no sin dificultades pues cada uno de sus movimientos le producía un punzada de dolor insoportable. Ridley colocó la escotilla en posición de abierta y Yeager, con la ayuda del mango de la escoba, la cerró. Después se puso a preparar para el vuelo el X-1.

Cinco minutos antes del lanzamiento, Yeager presurizó los tanques de combustible con gas nitrógeno y comprobó el sistema de vertido rápido del combustible. Después, esperó el lanzamiento, encorvado en medio del frío de la carlinga, con las costillas dándole punzadas de dolor. Un minuto antes de soltar, Jack Ridley preguntó, «¿Todo listo?». «Demonios, sí —contestó Yeager—, terminemos de una vez.» A las 10:26 de la mañana, a 6.100 metros de altitud sobre el desierto, Bob Cárdenas entonó la ahora conocida cuenta atrás y soltó al *Glamorous Glennis* en medio de un cielo azul brillante.

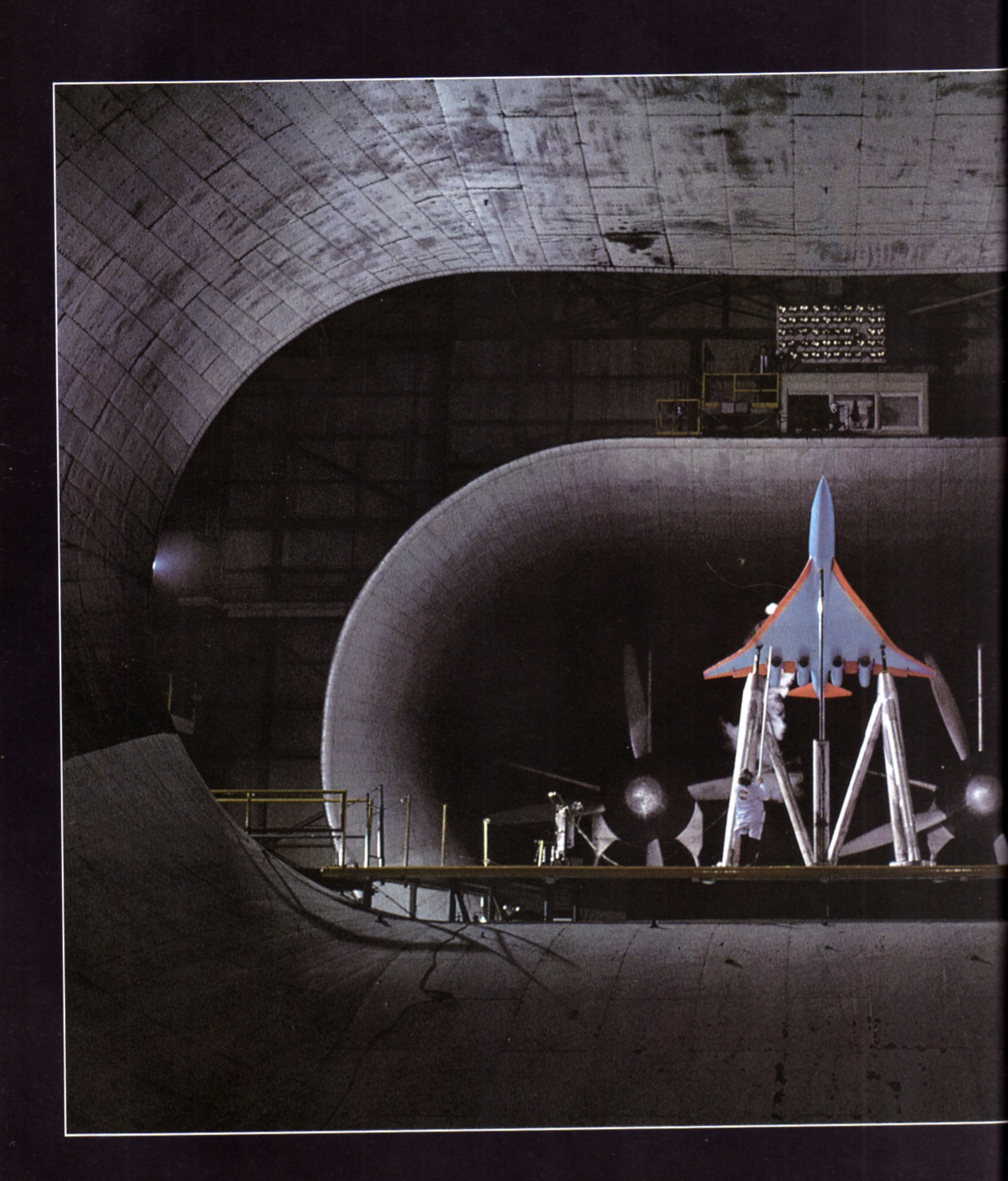
Lleno de combustible, el X-1 se precipitó rápidamente a tierra mientras las manos enguantadas de Yeager accionaban los interruptores que ponían en funcionamiento la mitad de la energía de su cohete. Con 1.350 kilos de empuje, el X-1 comenzó a ascender. Yeager encendió las dos cámaras restantes y, a toda potencia, el avión salió lanzado hacia el cielo. A medida que aumentaba la velocidad, Yeager comprobaba la eficacia de los mandos. Estaban funcionando perfectamente.

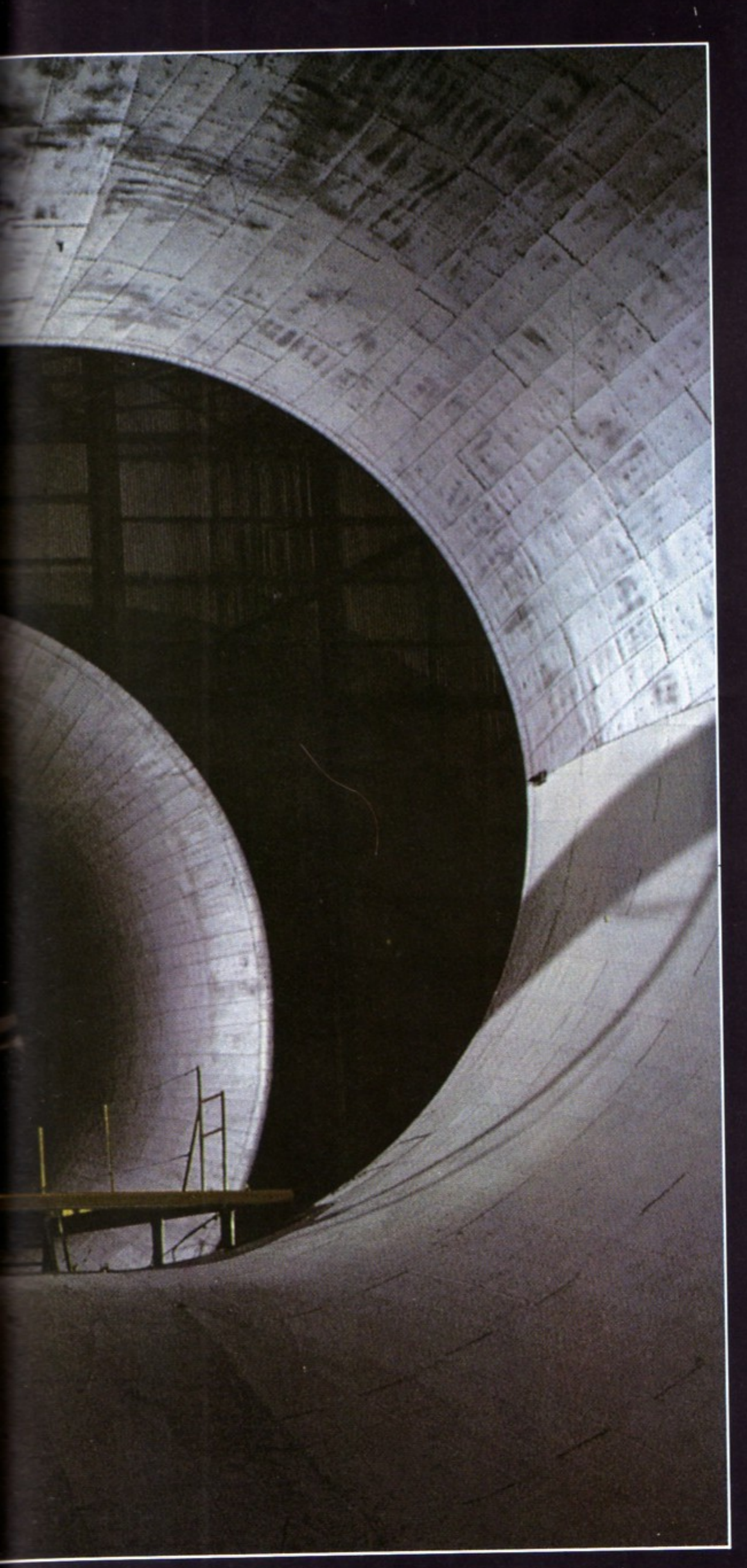
Durante el ascenso había apagado dos de las cámaras del cohete mientras revisaba el avión. Ahora, a 12.800 metros y en vuelo aproximadamente horizontal, Yeager encendió una de las dos cámaras que estaban apagadas. Al haber consumido la mayor parte de su combustible, el X-1 aligerado aceleró rápidamente. En la cabina, el Machmetro avanzaba regularmente hacia el 0,98, lo marcó y después saltó abruptamente la escala. La irregularidad del instrumento indicaba que la proa del X-1 había pasado a través de su propia onda de choque. Yeager acababa de atravesar la barrera del sonido. En tierra, un nuevo sonido proclamaba la proeza de Yeager. Un estampido sónico restalló sobre el desierto de Mojave con un doble y ensordecedor trueno. Fue tan sobrecogedor y evocador del inicio de una nueva era como los abruptos acordes iniciales de la *Heroica* de Beethoven.

Las oscilaciones del X-1 cesaron; el avión se volvió más fácil de controlar. Yeager apagó el motor, vació rápidamente el combustible que quedaba en los depósitos y después comenzó a planear hacia Muroc, con el frío silencio de la carlinga roto únicamente por el sonido del aire que fluía sobre el avión y el tictac del reloj de la carlinga.

El coronel Gilkey telegrafió la noticia del éxito al Campo de Aviación Wright: PRIORIDAD CONFIDENCIAL. XS1 SUPERÓ MACH Nº 1 A 12.810 METROS DE ALTITUD. CONDICIONES DE VUELO MEJORADAS CON AUMENTO DE VELOCIDAD ANEMOMÉTRICA. LOS DATOS SE ESTÁN ANALIZANDO Y SE ENVIARÁN CUANDO SE COMPLETEN. FIN.

Sin embargo, el mundo no tendría noticias de la hazaña de Yeager inmediatamente; el vuelo tenía un valor militar tal que se mantuvo en secreto durante ocho meses. Aquella noche Yeager y unos cuantos amigos lo celebraron solos en Pancho's, donde la propietaria les invitó a una parrillada de chuletas.





Tempestades artificiales para la investigación aerodinámica

De todos los medios utilizados por los ingenieros aeronáuticos, el túnel aerodinámico es con diferencia el más importante; sin él la aviación seguiría languideciendo en las Edades Bárbaras de la ciencia.

El primer túnel aerodinámico lo inventó en 1871 Francis Wenham, un ingeniero naval que estaba fascinado por la idea del vuelo con motor. Wenham utilizó un ventilador impulsado por vapor para forzar la circulación de aire sobre un modelo de ala montado sobre una balanza aerodinámica en una cámara de tres metros de largo y sólo cuarenta y cinco centímetros en cuadro. Mediante las lecturas de la balanza aerodinámica podía medir con precisión la fuerza de sustentación generada por el ala. En contra de la teoría generalizada respecto al vuelo, la fuerza de sustentación resultaba ser mucho mayor que la resistencia al avance; el vuelo con motor parecía más posible que nunca.

Más de tres décadas después, los hermanos Wright utilizaron un túnel aerodinámico diseñado por ellos mismos para comprobar 200 planos aerodinámicos antes de construir y hacer volar su aeronave pionera en 1903. Los túneles aerodinámicos se han usado desde entonces para analizar los conceptos aeronáuticos y detectar defectos de diseño.

El que modelos probados en los túneles aerodinámicos den una previsión exacta del futuro comportamiento de los aviones en vuelo se debe en gran medida a una fórmula ideada en 1883 por el físico británico Osborne Reynolds. Combinó varios factores —entre los que se encontraban la distancia existente entre el borde de ataque y el de salida del ala del avión, la velocidad del avión y la densidad del aire circundante— para llegar a una cifra, conocida como el número de Reynolds. Para conseguir unos resultados exactos en los túneles aerodinámicos, el número de Reynolds del modelo de prueba debe ser igual que el del avión a escala real.

Resumiendo, los aviones que vuelan a poca velocidad tienen números de Reynolds pequeños, que son fáciles de igualar en el túnel aerodinámico. Sin embargo, la réplica de los enormes números de Reynolds de aviones grandes y rápidos puede plantear problemas asombrosos. Los modelos de estos tipos de aviones deben ser a pequeña escala para encajar en el interior del túnel aerodinámico; cuanto menor sea la escala, más condiciones del interior del túnel se han de compensar.

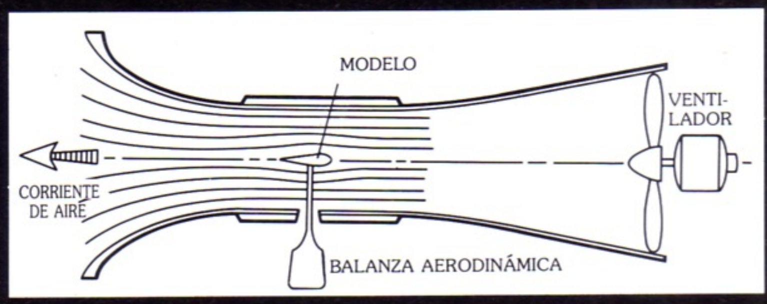
La solución más directa es construir enormes túneles aerodinámicos, como la descomunal cueva de la izquierda, de manera que se puedan utilizar modelos de más tamaño. Sin embargo, este sistema resulta extremadamente costoso. Con el fin de evitar este gasto, los aerodinamicistas suelen utilizar túneles aerodinámicos más modestos y modelos a pequeña escala de los aviones grandes y después aumentan el número de Reynolds en el túnel presurizando el aire, como en el Túnel de Densidad Variable de la página siguiente, o enfriándolo para aumentar la densidad del aire. Otra solución puede ser el empleo de un gas más denso —nitrógeno o freón— en vez de aire. Combinando estas técnicas, los científicos pueden crear unas condiciones de túnel aerodinámico que imiten las condiciones de vuelo reales de un avión de tamaño natural que funcione a la velocidad del sonido, cerca de ella o bastante por encima de ella.

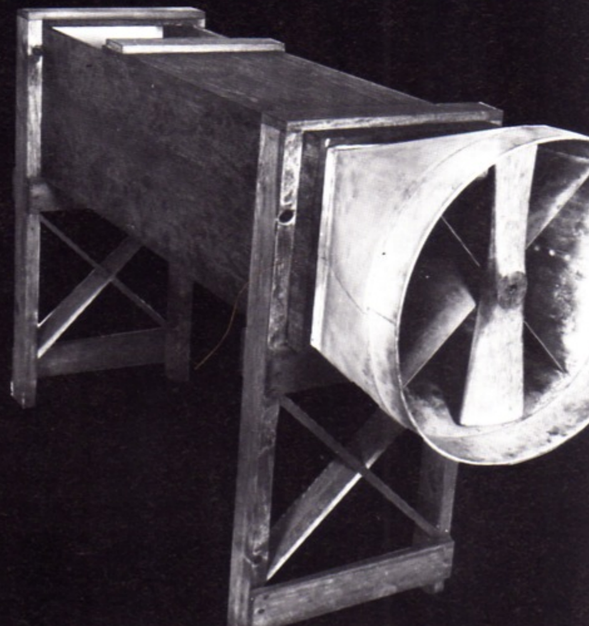
Firmemente sujeto en el tramo de prueba de 9 por 18 metros del túnel aerodinámico más grande en Langley Field, Virginia, un modelo de reactor supersónico es preparado para una prueba de las características de vuelo a baja velocidad. Un par de ventiladores de 4.000 caballos situados detrás del modelo succionan aire a través de la sección de prueba a 190 kilómetros por hora.

Túneles aerodinámicos desde los Wright hasta la NASA

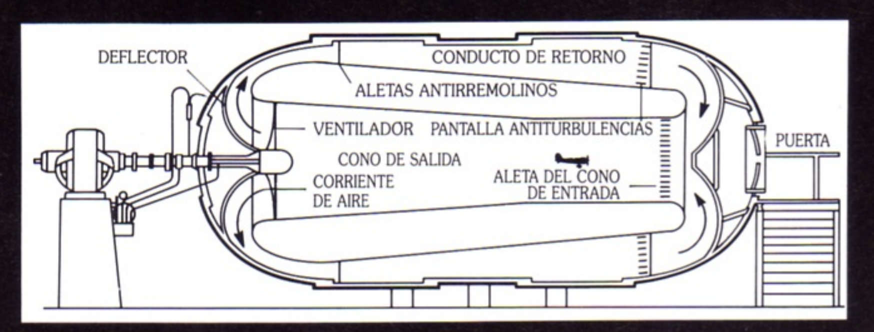
Cuando los hermanos Wright construyeron su primer túnel aerodinámico en 1901, cometieron una equivocación: montaron el ventilador, que generaba una corriente de 56 kilómetros por hora, de tal forma que impulsaba el aire en dirección a los aparatos, en lugar de succionarlo. Esta disposición provocaba turbulencias que afectaban a los resultados de sus experimentos.

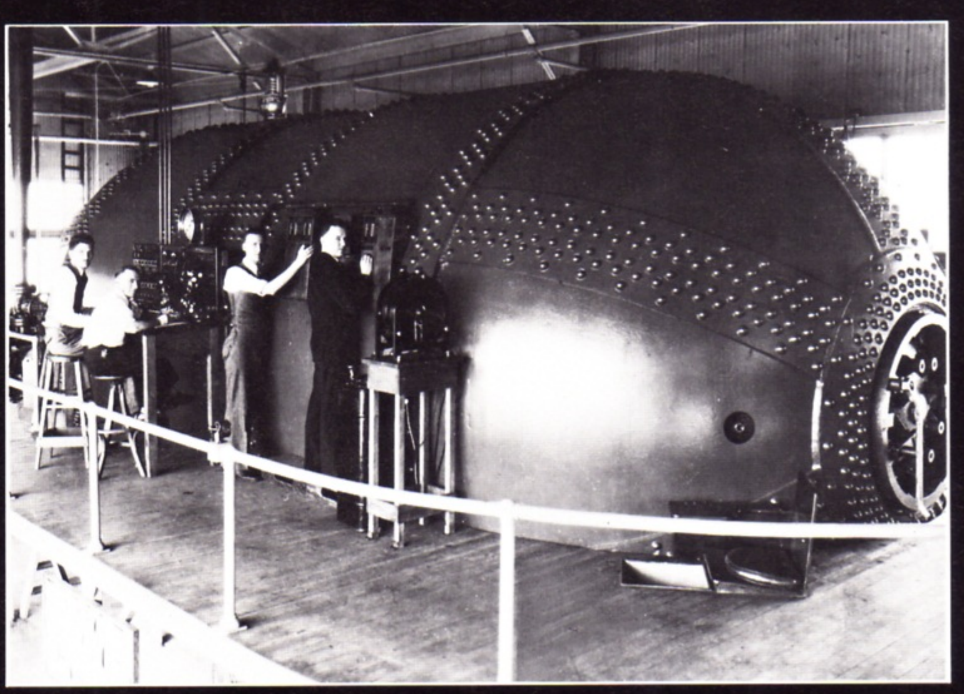
Los Wright y posteriores diseñadores de túneles aerodinámicos no volvieron a cometer ese error. Además, las mayor parte de los túneles aerodinámicos actuales, en lugar de permanecer abiertos en una sala, han incorporado conductos de retorno del aire para hacer que éste circule constantemente. Los ventiladores, que son cientos de veces más potentes que el que utilizaron los hermanos Wright, pueden generar corriente de aire de una velocidad que duplica la del sonido, e incluso más rápidos.



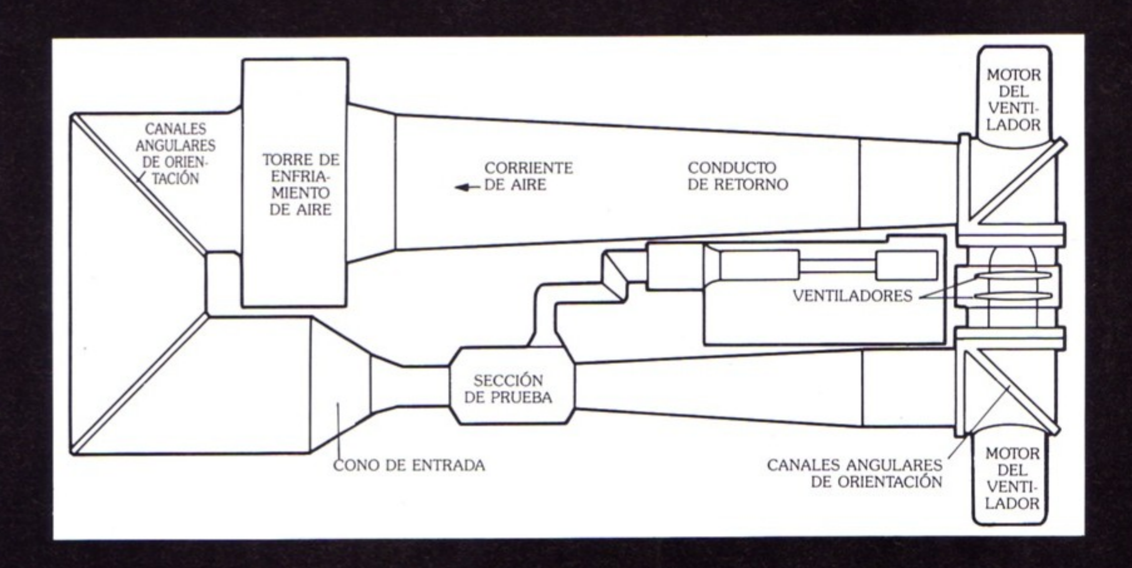


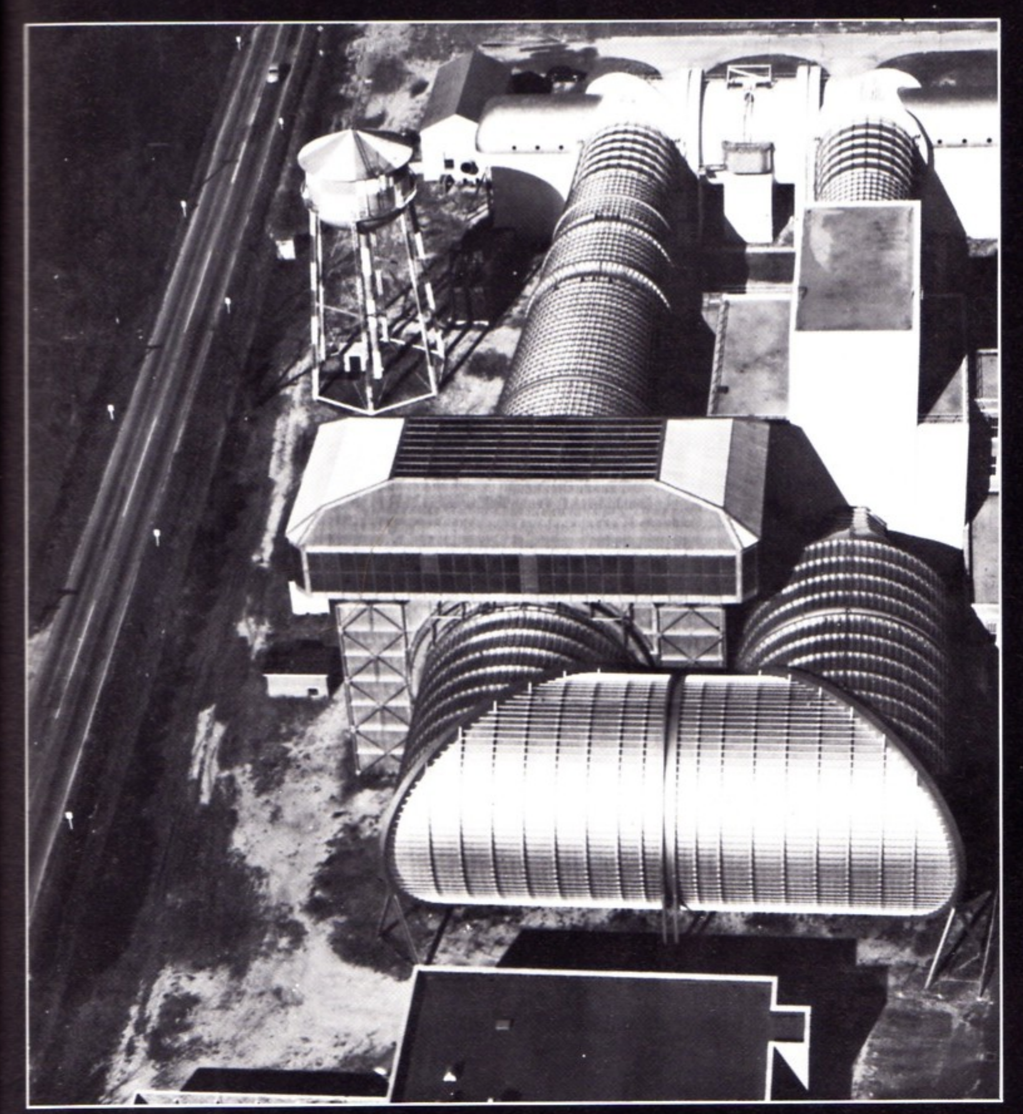
Montado firmemente sobre unas patas con refuerzo en forma de cruz, el túnel aerodinámico de los hermanos Wright, réplica del cual se muestra arriba y cuyo diagrama se encuentra en la parte superior, hacía uso de un ventilador de madera de dos palas para forzar el paso del aire por un modelo de ala dentro de la cámara de prueba de cuarenta por cuarenta centímetros.





Múltiples remaches en las láminas de acero de 54 milímetros de espesor del Túnel de Densidad Variable, ubicado en Langley. Utilizado por primera vez en 1923, el túnel puede funcionar a una presión veinte veces superior a la atmosférica para replicar los números de Reynolds más elevados. Un par de conductos de retorno y un ventilador de absorción (diagrama, arriba) ayudan a que la corriente de aire fluya sin perturbaciones.





Las instalaciones en circuito cerrado de Langley (izquierda) son representativas de la disposición moderna del túnel aerodinámico. En el interior (diagrama, arriba) hay dos ventiladores de 30.000 caballos, un conducto de retorno ahusado y un cono de entrada reducido, todo ello para asegurar un flujo uniforme y fuerte del aire.

Un gran conjunto de canales angulares de orientación forma una elipse de 25 metros de anchura y 17 metros de altura en una de las esquinas del túnel aerodinámico en circuito cerrado de Langley. Los canales angulares hacen dar al aire una vuelta de noventa grados suavemente y al mismo tiempo enderezan cualquier remolino errante.





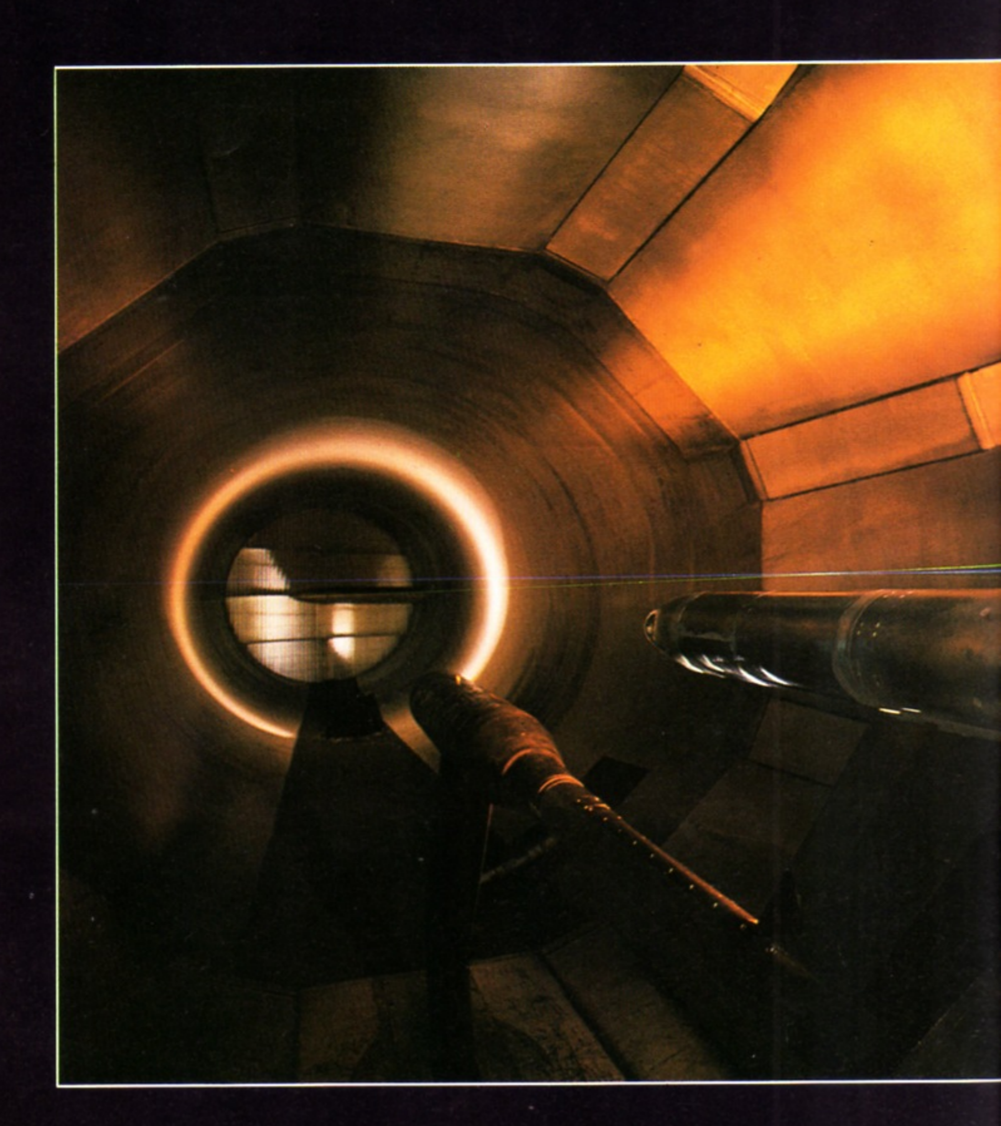
Vestido de los pies a la cabeza con un traje protector, un técnico aplica una solución tóxica a un modelo de avión de transporte supersónico avanzado. El producto químico se evaporará en los puntos en los que se produzcan turbulencias en la corriente de aire a Mach 4,6 de este túnel.

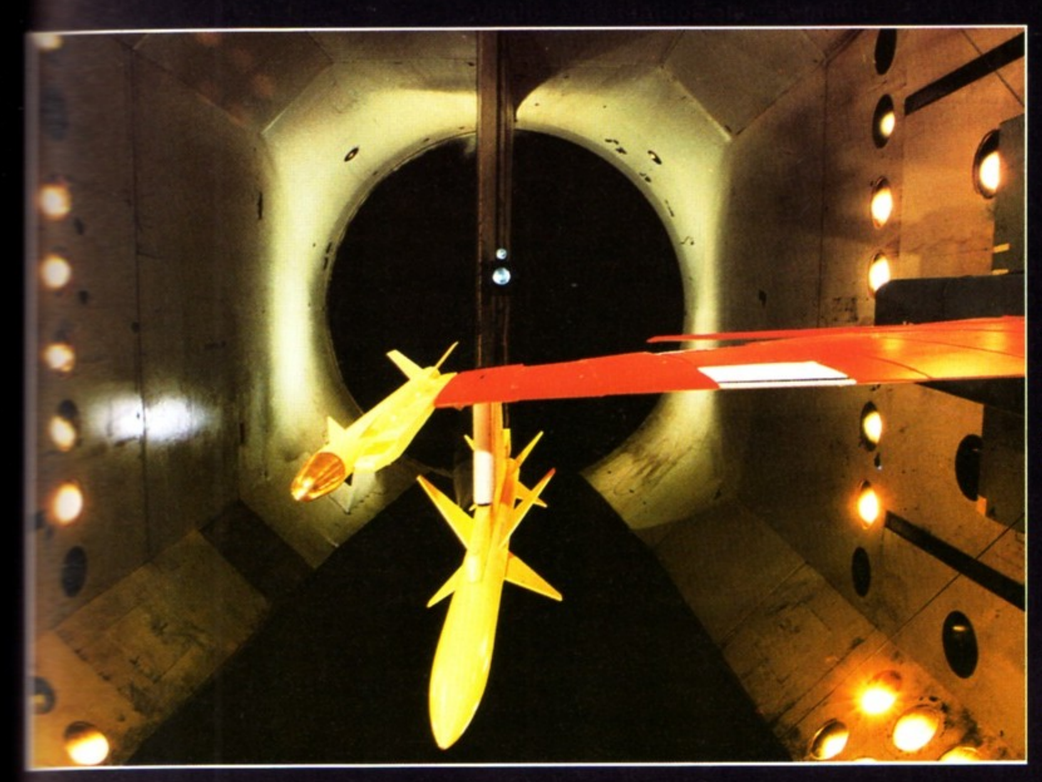
Rayos láser centellean a través de un cono de entrada de un motor de reacción en Langley. Los rayos son capaces de medir la turbulencia mediante la detección del movimiento de pequeñas partículas de polvo que están presentes en la corriente de aire.

Resolución de los rompecabezas del vuelo a gran velocidad

A medida que los aviones se aproximaban a la velocidad del sonido, los diseñadores necesitaban respuestas a un cúmulo de preguntas que no se habían planteado hasta la fecha. ¿Qué ocurre cuando el avión pasa de Mach 1, o vuela mucho más rápido? ¿Cómo se podrían moderar las rápidas oscilaciones llamadas «aleteos» que provoca el vuelo a alta velocidad, para hacer los picados y otras penosas maniobras de combate de forma más segura? ¿Cómo se podrían mitigar los efectos lesivos de las ondas de choque en el comportamiento de las aeronaves?

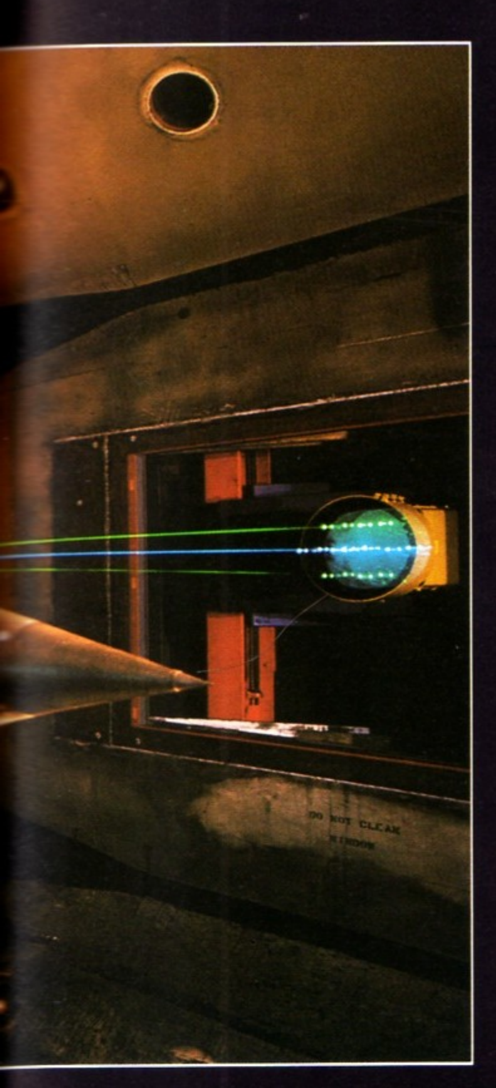
Los constructores de túneles aerodinámicos respondieron a estos problemas con diseños cada vez más complejos. Se construyeron túneles con secciones verticales, donde se pudieron probar los modelos en picados y barrenas. Se construyeron túneles ventilados para probar el funcionamiento de los motores en condiciones de vuelo. En algunos túneles, se sustituyeron los ventiladores por enormes depósitos de aire comprimido; cuando se soltaba el aire, éste salía despedido a través del túnel mucho más deprisa que la corriente que pudiera generar un ventilador. Y en algunas instalaciones muy modernas, se utilizaban piezas de artillería para lanzar los modelos contra una corriente de aire y combinar de forma eficaz la velocidad del disparo y de la corriente de aire al analizar el vuelo a velocidades superiores a Mach 5, aunque sólo fuera durante una fracción de segundo por prueba.

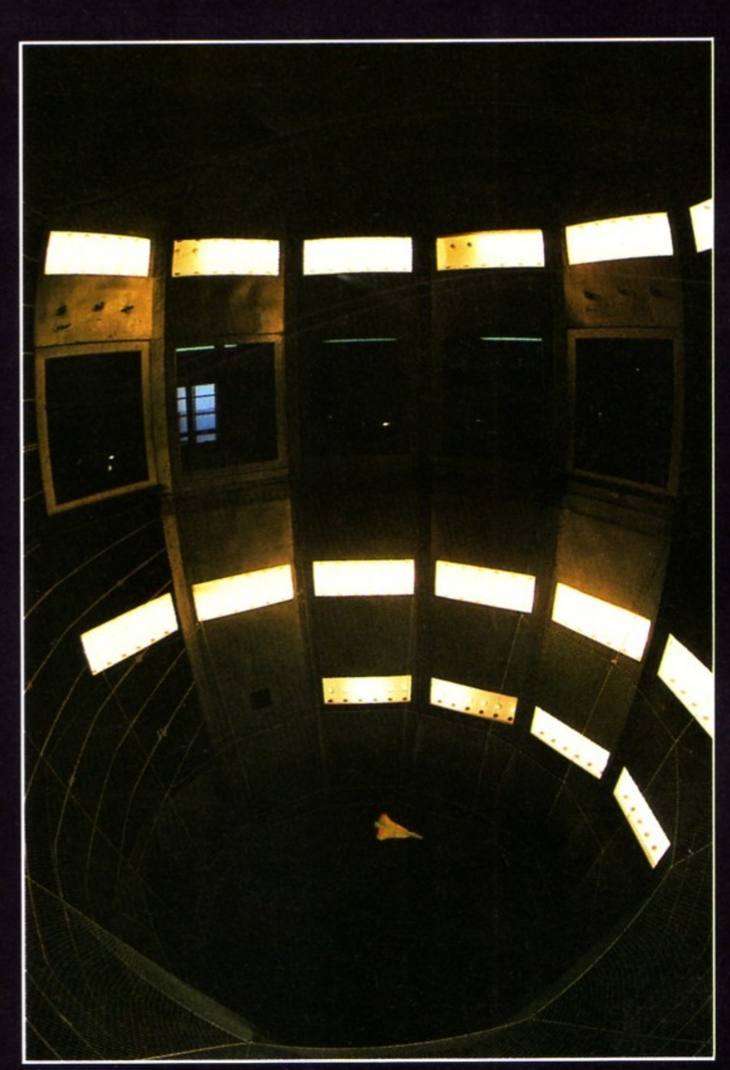




El panel blanco de este ala de avión es un dispositivo diseñado para moderar el aleteo, efecto que resulta agravado por los dos misiles que están cerca del extremo. La prueba se está llevando a cabo en un túnel aerodinámico transónico en Langley.

Una maqueta del caza F-16 se recupera de una barrena de cola mientras cae por un túnel vertical de 7,6 metros. Estas comprobaciones no sólo sugieren modificaciones del diseño para reducir la probabilidad de que se produzcan barrenas, sino que también ayudan a los pilotos a idear técnicas de recuperación.







Captando la refracción de la luz que pasa de un aire más denso a otro más liviano, una fotografía schilieren (germanismo de fotografía estrioscópica) revela una onda de choque en la proa de una maqueta de nave espacial.

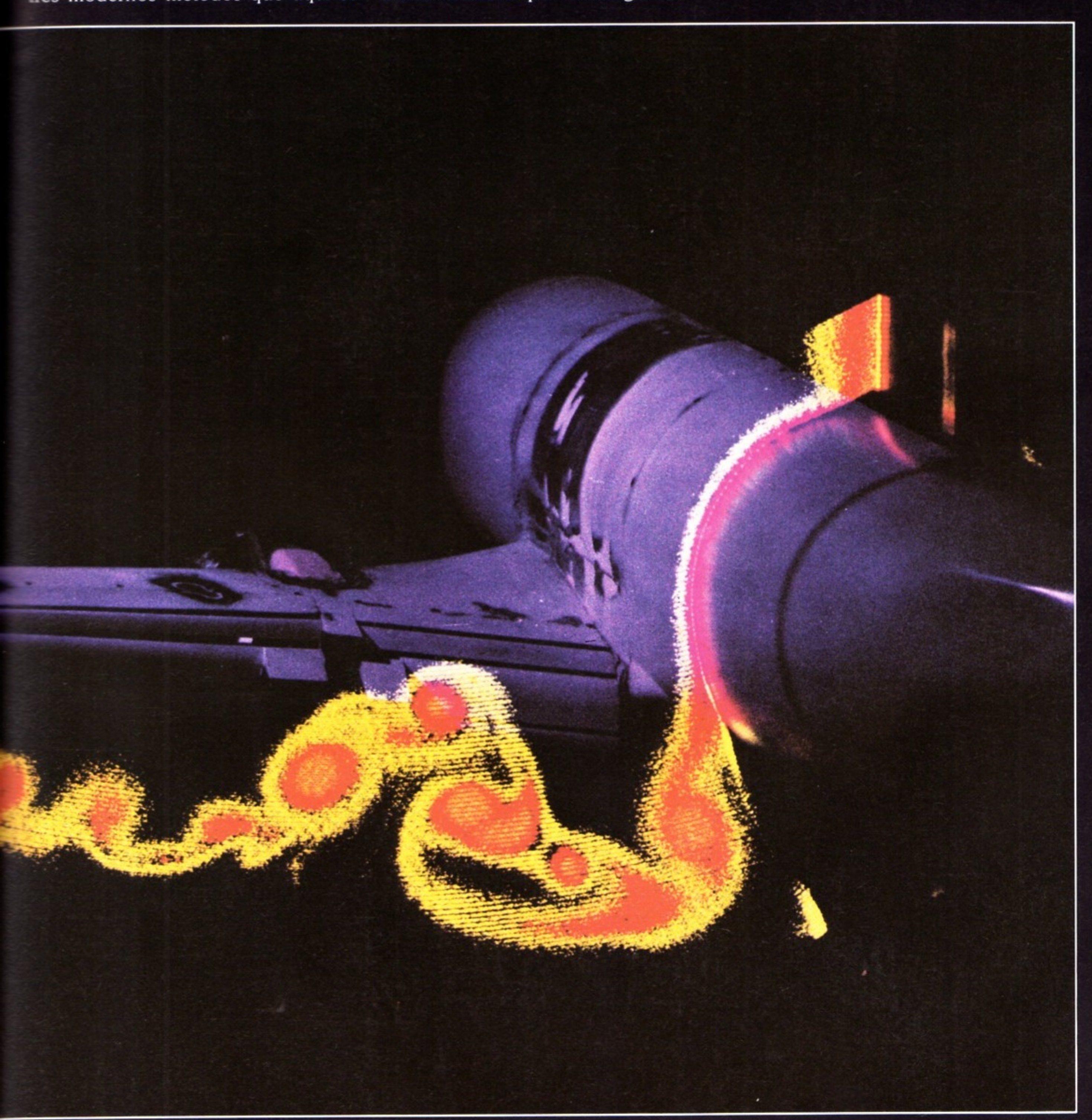
Fotografiada bajo luz ultravioleta para conseguir claridad, una fina capa de aceite corriente para motores revela las configuraciones del flujo de aire sobre las alas de una maqueta de Boeing 767.

Los remolinos de colores tras el ala de un Boeing 737 revelan un rastro de turbulencia. La configuración la forma un sensor que oscila cerca de la maqueta y parpadea en tres colores, dependiendo de la presión del aire.

En pos de corrientes de aire invisibles

Los científicos utilizan ingeniosos métodos para controlar las corrientes de aire invisibles que circulan alrededor de los modelos de prueba en los túneles aerodinámicos. Anteriormente, se solía inyectar humo en la corriente de aire para analizar los remolinos que se agitan en torno a las maquetas. Aunque se sigue utilizando el humo para algunas pruebas, con los tres modernos métodos que aquí se muestran pueden obtenerse unos datos más precisos en menos tiempo.

Cada uno de ellos ofrece una forma indirecta de localizar regiones de presión de aire variable y fotografiar los resultados. Más tarde, si es necesario, los diseñadores pueden encargar cambios en la forma del ala o el fuselaje para eliminar las bolsas de aire que generan resistencia al avance reveladas por las fotografías.





Lo más avanzado en su día dentro del diseño de aeronaves, el YF-12A, de Lockheed, posa en la rampa en la Base Edwards de las Fuerzas Aéreas



del vuelo en 1979.

5

«Diferente de cuanto se ha visto en el mundo»

«Acabamos de ganar una guerra con innumerables héroes volando en aviones», dijo el general Henry «Hap» Arnold, comandante de las Fuerzas Aéreas del Ejército de EE UU. Había reunido a su personal en el Pentágono a la mañana siguiente del día de la victoria sobre Japón para hablarles del futuro de la guerra aérea. Una gran parte de la audiencia no se había recuperado todavía de la celebración de la victoria durante la noche anterior, pero el discurso de Arnold les hizo incorporarse y prestar atención.

«Es posible que la próxima guerra se luche con aviones que vuelen sin personas en su interior —continuó—. Obviamente se luchará con aviones tan superiores a los que tenemos ahora que no cabe establecer comparación alguna. Tomad todo lo que habéis aprendido en la guerra acerca de la aviación, tiradlo por la ventana y empecemos a trabajar en la aviación del futuro. Será diferente de cuanto se ha visto en el mundo hasta ahora.»

La visión de Arnold se basaba en hechos incuestionables. En los mismos momentos en que pronunciaba sus palabras, los diseñadores de Bell trabajaban en el X-1, el avión que marcó el inicio de una era de experimentación creativa y logros sorprendentes. El X-1 no era más que el primero de una serie de lo que se dio en llamar aviones X: laboratorios volantes equipados con potentes cohetes devoradores de combustible que, durante unos breves minutos en cada vuelo, los impulsaban a velocidades supersónicas. Los pilotos de pruebas regresaban de estas excursiones con profusión de datos que los diseñadores aplicaban diligentemente a los rápidos y modernos reactores en sus mesas de dibujo.

A finales de la década de 1950, la era de los aviones X supersónicos estaba prácticamente superada, pues las aeronaves con motor de reacción fabricadas en serie empezaron a volar al doble de la velocidad del sonido al haberse beneficiado sus diseñadores de la investigación llevada a cabo con los aviones-cohete. A mediados de la década de 1960, algunos superreactores funcionaban rutinariamente a Mach 3 —más de 3.200 kilómetros por hora— y a alturas superiores a los 24.000 metros, comportamiento que difícilmente le hubiera parecido posible ni siquiera a Hap Arnold, ni a los hombres que soñaron por primera vez con los vuelos supersónicos antes de la guerra.

En octubre de 1935, los principales especialistas en aerodinamismo del mundo se reunieron en Roma, en una conferencia sobre las altas velocidades en la aviación. El dictador italiano Benito Mussolini inauguró la reunión con una nota desagradable, al anunciar la invasión de Etiopía por tropas italianas. Los científicos italianos, deseosos de mostrar sus progresos en el campo de la aerodinámica, llevaron a sus invitados a recorrer un laboratorio en el que los ingenieros estaban construyendo un túnel aerodinámico con capacidad para Mach 2,7 en el que iban a analizar los efectos del vuelo supersónico.

Con este telón de fondo, un desconocido ingeniero alemán de 34 años de edad llamado Adolf Busemann presentó un artículo sobre un concepto futu-

rista que llegaría a ser el emblema de la capacidad del hombre para volar más rápido que el sonido: el ala en flecha. Cuando era niño y crecía en la ciudad portuaria de Lübeck, Busemann había quedado fascinado por las estelas en forma de V de los barcos. En su artículo científico, comparaba la onda de choque creada por un avión en vuelo supersónico a la onda de la proa de un barco surcando la mar. Dio un paso más en esta analogía: si las alas de un avión pudieran tener forma de flecha, quedarían dentro del cono de la onda de choque que parte de la proa del avión. Busemann planteó la teoría de que este «ala en flecha», como él la denominaba, tendría por lo tanto menos resistencia al avance que las alas rectas.

El artículo de Busemann únicamente despertó unos cuantos comentarios de cumplido en la conferencia. Por un lado, las alas en forma de flecha no eran nada nuevo en la aviación; antes de la primera guerra mundial, diseñadores pioneros como el británico John Dunne habían experimentado con alas en forma de flecha en biplanos sin cola para aumentar su estabilidad. Además, en el entorno aeronáutico de mediados de la década de 1930 —con los motores de reacción todavía en los tableros de dibujo y con la hélice aún como reina— el vuelo supersónico parecía muy lejano. El británico W. F. Hilton, especialista en aerodinámica, calculó que un avión de un solo motor necesitaría 30.000 caballos de potencia para volar más rápido que el sonido, una cifra, según sus palabras, que «se alza como un muro para el futuro progreso».

Después de que Busemann hubiera leído su artículo, el general italiano Arturo Crocco, organizador de la conferencia, esbozó un avión en la parte trasera de una tarjeta del menú. El avión tenía alas en forma de flecha, cola en forma de flecha y una hélice en forma de flecha para hacer juego. Sarcásticamente, Crocco se refirió a él como el «avión de Busemann».

Sin embargo, la teoría de Busemann no se tomó a broma en Alemania, donde se la consideró un espectacular descubrimiento. La Luftwaffe estaba experimentando ansiosamente con una gran cantidad de diseños originales de aeronaves y el trabajo del ingeniero captó finalmente la atención de Woldemar Voigt, un gran diseñador de Messerschmitt. En 1942, Voigt decidió probar la idea de Busemann en un reactor experimental al que se aludía como *Projekt 1101*. Sus alas se iban a echar marcadamente hacia atrás, en claro contraste con las alas levemente echadas hacia atrás del Me 262, el caza reactor de dos motores que se estaba creando entonces. El trabajo del *Projekt 1101* progresaba a saltos, con un Voigt que no podía centrar toda su atención en él a causa de su participación en el 262. No obstante, las pruebas en túnel aerodinámico de las maquetas del reactor con alas en flecha fueron tan prometedoras que en 1944 Voigt empezó la creación de un avión de investigación con alas en flecha. Sin embargo, la guerra en Europa terminó antes de que volara.

En Estados Unidos, el científico Robert T. Jones —que no conocía el trabajo de Busemann y Voigt— comenzó también a investigar las alas en flecha para los vuelos a gran velocidad. Jones, que a la sazón contaba 35 años de edad, se había hecho de forma autodidacta especialista es aerodinámica después de abandonar sus estudios universitarios y trabajar en una ocasión como mecánico en un circo aéreo del Medio Oeste, llamado Marie Meyer Flying Circus. Más tarde, trabajando en Washington, D.C. como ascensorista en el Capitolio, tuvo ocasión de hacer funciones de tutor con un congresista deseoso de aprender física y matemáticas superiores. El legislador, impresionado por los conocimientos de Jones, le consiguió en 1934 un trabajo en el NACA como ingeniero en prácticas.

Durante la guerra, Jones fue destinado a los proyectos de armas teledirigi-

das en el laboratorio del NACA en Langley. En enero de 1945, mientras se encontraba trabajando en el diseño de una bomba volante conocida como el Griswold Dart, Jones se dio cuenta de forma intuitiva de las ventajas del ala en flecha. A velocidades transónicas, e incluso supersónicas, los principios de la física que rigen el vuelo establecen que, dentro de la onda de choque que se forma en torno a un ala triangular, el flujo de aire sería subsónico.

Jones llamó a su teoría sobre el flujo de aire «regresión subsónica» y después de conversaciones con los más destacados especialistas en aerodinámica, consiguió el permiso del director del NACA, George Lewis, para iniciar pruebas supersónicas en el túnel aerodinámico. Varios meses de experimentos con diferentes grados de regresión confirmaron las teorías de Jones acerca del flujo de aire, por lo que éste aconsejó a sus superiores del NACA que, en el futuro, se utilizaran alas en flecha en todos los aviones de alta velocidad.

Antes de que el NACA pudiera seguir la indicación de Jones, Alemania se rindió. Los científicos e ingenieros fueron enviados allí inmediatamente para llevarse lo que les interesase de sus instalaciones aeronáuticas de investigación. Entre los que aterrizaron en Alemania estaba Theodore von Kármán. Mientras trabajaba en el Instituto de Tecnología de California, Jones le había consultado sobre las alas en flecha y él se había mostrado escéptico. Pero sus dudas estaban a punto de desvanecerse ahora.

A mediados de 1945, Von Kármán y su equipo de científicos llegaron a un laboratorio de la Luftwaffe cerca de Brunswick, donde Busemann —trabajando independientemente de Woldemar Voigt— se había estado dedicando tenazmente a su teoría del ala-flecha. En el laboratorio, Von Kármán y sus hombres descubrieron maquetas con alas en flecha, gran cantidad de datos del túnel aerodinámico... y al propio Busemann.

«¿Qué es esto de la regresión de las alas?», preguntó Von Kármán al especialista alemán en aerodinámica.

«Oh, acuérdese —replicó Busemann—, presenté un artículo sobre ello en el Congreso de Volta de 1935.»

Von Kármán y cuatro de los miembros de su equipo que habían estado en el congreso sí recordaban el artículo de Busemann y de repente se dieron cuenta de que Busemann y Robert Jones habían estado abriendo el mismo camino. Von Kármán tuvo pocas dificultades para persuadir a Busemann de que continuara su trabajo en Estados Unidos, donde finalmente se incorporó al equipo del laboratorio del NACA en Langley.

Bastantes científicos e ingenieros alemanes, entre los que se encontraba Voigt, siguieron a Busemann a Estados Unidos, animados por una campaña de contratación del Gobierno, llamada operación *Paperclip*. Con el tiempo, muchos de ellos hicieron provechosas aportaciones a la aviación norteamericana, pero fue el trabajo de Busemann el que tuvo un efecto más inmediato. Por ejemplo, Boeing descartó los planos de un bombardero de reacción con alas rectas para construir uno con las alas en flecha. El avión resultante, el XB-47, fue el precursor de toda una clase de bombarderos y aviones comerciales de reacción. De manera similar, los diseñadores de North American Aviation, que a la sazón estaban desarrollando para las Fuerzas Aéreas del Ejército un caza con las alas rectas conocido como XP-86, cambiaron de idea y echaron hacia atrás sus alas, dando lugar a un avión grácil y ágil que gozaría de mucha fama: el Sabre. La regresión de las alas del Sabre, comentó el historiador de aviación Ray Wagner, le hizo pasar «de ser un caza mediocre a ser un gran caza».



Un Boeing B-47, el primer bombardero de reacción con alas en flecha del mundo, va ganando altura tras su despegue en 1956. La regresión en 35 grados de las alas del Stratojet ayudó a darle una velocidad máxima superior a los 960 kilómetros por hora, tan rápido que los asombrados pilotos le llamaron «caza de seis motores».

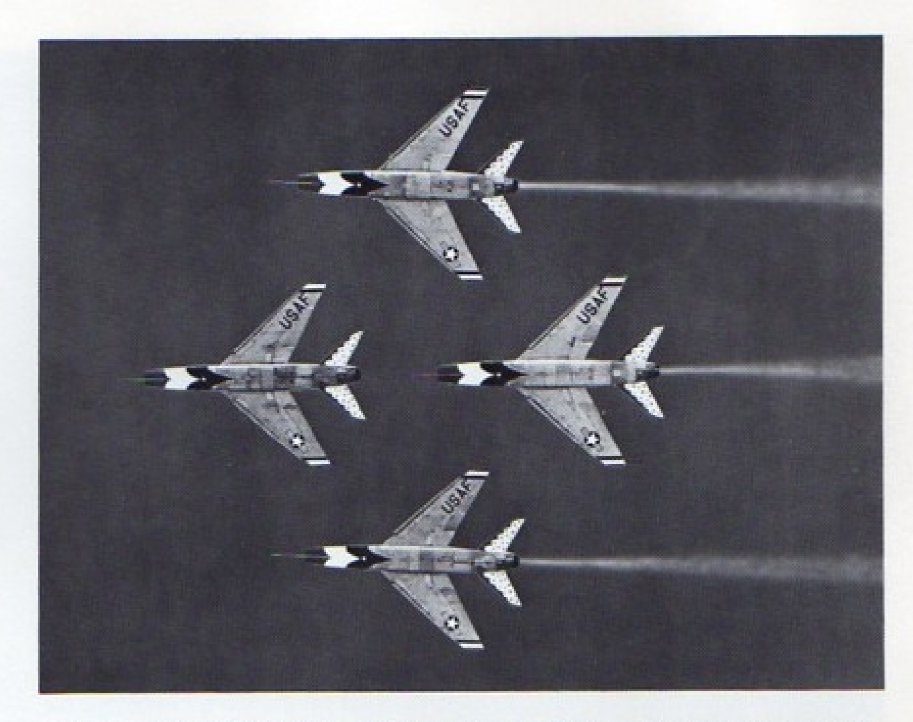
El 1 de octubre de 1947 —dos semanas antes de que Chuck Yeager atravesara la barrera del sonido en el Bell X-1— la versión del XP-86 con alas en flecha ya estaba preparada para su primer vuelo en Muroc. El hombre que iba a pilotar el reactor era George Welch, que había alcanzado una gran fama durante la segunda guerra mundial como el primer piloto norteamericano que atacó al enemigo en Pearl Harbor. Siguió acumulando triunfos hasta totalizar 16 derribos en el Pacífico, antes de incorporarse a North American como piloto de pruebas en 1944.

El día 1 de octubre por la mañana, Welch hizo unas cuantas rodadas por el suelo de la pista con el XP-86 y después despegó hacia el despejado cielo de California para lo que se suponía que sería un vuelo de familiarización de diez minutos. Sin embargo, cuando Welch volvía para aterrizar, no pudo conseguir que la rueda de proa del avión bajase del todo. Durante los siguientes cuarenta minutos, sacudió y maniobró el avión intentando poner la rueda en su sitio, pero sin resultado. Por último, decidió hacer descender el avión en un aterrizaje con la proa levantada. Cuando las ruedas principales tocaron el suelo, el impacto sacudió la rueda delantera e hizo que ésta bajara, tras lo cual Welch pudo frenar el XP-86 con total seguridad.

La rueda delantera atascada resultó ser uno de los contados problemas del programa de pruebas del XP-86. Los pilotos que volaron en el prototipo del Sabre lo denominaron «avión de ensueño». Y el 26 de abril de 1948, menos de un año después del histórico vuelo de Yeager en el X-1, Welch inició un suave picado con el XP-86. El avión superó el Mach 1 en su descenso, con lo que pasó a ser el primer avión diseñado para combate que atravesaba la barrera del sonido.

También los soviéticos habían estado trabajando en un reactor con las alas en flecha. Usando datos capturados a los alemanes, como hicieron los norteamericanos, los diseñadores Artem Mikoyan y Mikhail Gurevich fabricaron un pequeño y elegante caza al que llamaron MiG-15. El 30 de diciembre de 1947, tres meses después del primer vuelo del XP-86, un piloto de pruebas soviéti-

Cuatro Super Sabres F-100 de North American, integrantes del equipo acrobático Thunderbirds de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos sobrevuelan en formación de rombo durante una misión de entrenamiento en 1953. Con una velocidad máxima de 1.385 kilómetros por hora, el Super Sabre fue el primer avión operativo estadounidense capaz de alcanzar velocidades supersónicas en vuelo horizontal.



co despegó en el MiG. Al poco tiempo, los diseñadores de otros países siguieron su ejemplo: el francés Marcel Dassault creó el Mystère en 1951, mientras que el británico Sidney Camm produjo el Hawker Hunter en 1953. No obstante, ninguno de estos primeros aviones con las alas en flecha podía alcanzar Mach 1 en vuelo horizontal. Éste era el siguiente gran reto al que se enfrentaban los diseñadores e ingenieros. Para superarlo, hacían falta motores más potentes y fuselajes todavía más estilizados.

Menos de un año después de que George Welch despegara por primera vez con el XP-86, los diseñadores de North American ya habían empezado a trabajar en un avión que tenían la esperanza de que fuera capaz de volar y combatir a velocidades supersónicas. Lo llamaron Sabre 45 porque sus alas tenían una regresión de 45 grados. El equipo de diseño de North American, encabezado por el ingeniero Ray Rice, necesitó cinco años para conseguir que el Sabre 45 pasase del tablero de dibujo a la realidad. Para cuando el reactor estuvo preparado para volar en el verano de 1953, el Sabre 45 había tomado un nuevo nombre, el YF-100.

Como planta motriz, el avión recibió un turborreactor J57 Pratt & Whitney. Este nuevo motor generaba casi cinco toneladas de empuje y ofrecía una novedosa característica, un dispositivo de poscombustión en una estructura tubular situada detrás de la tobera de exhaustación. Este dispositivo quemaba el combustible que se inyectaba en los gases calientes de la exhaustación para producir otros 2.250 kilos de empuje para el despegue y el combate.

Las alas del YF-100 únicamente medían once metros. Estaban replegadas hacia atrás de forma más acusada que las del F-86, diez grados más, y eran un 50 por ciento más finas para reducir aún más la resistencia al avance. El estabilizador vertical del avión también era fino y muy inclinado hacia atrás. El fuselaje del YF-100 también era aerodinámico: un cuerpo largo, delgado, con una cubierta de burbuja en la carlinga que apenas rompía las suaves líneas del avión.

El 25 de mayo de 1953 por la mañana, el YF-100 estaba preparado para su primer vuelo. George Welch, a la sazón piloto jefe de pruebas de North

American, se dirigió tranquilamente al avión en la Base Edwards de las Fuerzas Aéreas, antigua Base Muroc. A la Base se le había cambiado el nombre en honor al piloto de pruebas Glen Edwards, muerto en 1948 en un accidente de un bombardero del tipo ala-volante Northrop YB-49.

Welch entró gateando por una escala en la carlinga del YF-100 y se ajustó los cinturones de seguridad. Se le habían dado instrucciones de que, si todo iba bien durante el vuelo, intentase llevar el avión hasta traspasar la velocidad del sonido. Mientras Welch se preparaba para despegar, llamó a gritos al teniente coronel Frank «Pete»Everest, el piloto de pruebas de las Fuerzas Aéreas que iba a volar detrás en un F-86. Si el YF-100 superaba el Mach 1 aquella mañana, prometió Welch, él pagaría las cervezas después.

Welch puso el avión a toda velocidad por la arcilla endurecida de la pista del Lago Seco de Rogers y se elevó hacia el cielo, con Everest siguiéndole en su estela. El nuevo caza y el F-86 ascendieron velozmente al cielo; el avión experimental superó con facilidad en la ascensión al viejo reactor. «Métele caña», dijo Everest por radio a Welch. Unos momentos más tarde, cuando estaba a 10.500 metros, Welch dijo: «Aguanta, que allá vamos.» Puso el mando de gases del YF-100 en la posición de poscombustión y se apartó como un rayo del Sabre, dejando tras de sí una estela dorada de fuego. Unos segundos más tarde, Welch dijo por radio: «Bingo»; el YF-100 se había convertido en el primer reactor del mundo diseñado para ser producido en serie que había superado la velocidad del sonido en vuelo horizontal.

Una semana más tarde, Pete Everest estableció un récord de velocidad a baja altura con el YF-100, que alcanzó los 1.210 kilómetros por hora volando a solamente 30 metros de altura. Sin embargo, no estaba satisfecho con el avión, pues comentó que había descubierto «tendencias inestables a alta y baja velocidad». El problema surgía al hacer maniobras. Los virajes a alta velocidad hacían que el reactor derrapase hacia un lado. A baja velocidad, una inclinación lateral producía un fenómeno denominado guiñada contraria: el avión tendía a virar a la derecha cuando el piloto quería ir a la izquierda, y viceversa. Cualquiera de estas peculiaridades, si encontraba desprevenido al piloto, podía provocar un accidente aéreo. Sin embargo, nadie prestó atención a la queja de Everest; como recordaba más tarde, «North American se molestó por mi informe negativo y aseguró al cuartel general de las Fuerzas Aéreas que el avión era seguro para volar». Haciendo caso omiso de las objeciones de Everest, las Fuerzas Aéreas declararon que el avión, conocido ahora como Super Sabre, estaba listo para su fabricación. En septiembre de 1954, varios escuadrones —setenta aviones— estaban funcionando sin el más mínimo atisbo de problemas.

Mientras tanto, la serie X de aviones-cohete seguía llevando a los pilotos más alto y más rápido que nunca. El Bell X-2, una variante mejorada del X-1 con las alas en flecha, que tenía un motor de 6.750 kilos de empuje, se puso en servicio en 1946. Su objetivo era alcanzar Mach 3, una tarea que requería tanta investigación previa que el X-2 no voló hasta 1955. Antes de aquello, el Douglas X-3 ya estaba muy en marcha. Un espigado avión blanco, conocido como el Estilete Volante por su largo y afilado fuselaje, el X-3 iba propulsado por reacción y su finalidad era más modesta: demostrar que un reactor era capaz de mantener una velocidad de Mach 2. Con alas achatadas que medían únicamente siete metros, voló por primera vez el 15 de octubre de 1952.

Los pilotos de pruebas se quejaron de que el X-3 tenía problemas de manejo similares a los que Pete Everest había señalado en el F-100. En una ocasión, cuando el piloto de pruebas del NACA hizo un bucle con el X-3 cerca



El diseñador francés Marcel Dassault, el creador de una larga línea de distinguidos aviones militares, posa junto al prototipo de su caza reactor Ouragan, en 1949. Fundada en 1946, su empresa se convirtió en una de las principales creadoras y fabricantes de aviones del mundo occidental.

En esta fotografía de reactores Dassault, tomada en un campo de aviación de la empresa en 1967, aparecen representadas casi dos décadas de desarrollo. Empezando por la parte superior, están el Ouragan (1949), el Mystère IV (1952), el Super-Mystère B2 (1955), el Etendard IV (1956), el Mirage III (1956) y el Mirage V (1967) —todos ellos cazas— y el bombardero Mirage IV (1959).



de Mach 1, el avión subió en una espiral incontrolada, retorciéndose y revolviéndose alrededor de sus tres ejes. Las violentas tensiones amenazaban con desgajar el X-3, pero Walker se las arregló para recobrar el control del avión y hacerlo aterrizar. Este comportamiento era inaceptable en cualquier avión. Al final el X-3, que nunca alcanzó el Mach 2, fue retirado para pasar a ser, en palabras de un piloto, «una atractiva reina del hangar, útil principalmente para fotografías publicitarias».

No mucho después de la llamada de atención a Walker, el F-100 demostró que —como había advertido Everest— también podía poner en peligro la vida de su piloto. El 12 de octubre de 1954, George Welch, que había elogiado al Super Sabre como «uno de los aviones más sencillos y agradables» en los que jamás había volado, estaba realizando un picado con el F-100 para comprobar sus características de manejo a Mach 1,5, cuando el avión se desplazó bruscamente hacia un lado y viró vertiginosamente, perdido el control. La tripulación de un B-47 que estaba volando en esa zona vio cómo el F-100 daba la vuelta y caía a plomo hacia tierra. Cuando estaba a seiscientos sesenta metros, se desintegró; George Welch no tuvo ocasión de lanzarse en paracaídas.

Los equipos de búsqueda recorrieron el desierto con el fin de recuperar los fragmentos del avión para analizarlos. Después, con los datos del accidente de Welch y a partir del vuelo casi fatal de Walker en el X-3, los científicos de North American y el NACA empezaron a examinar los problemas de gobierno que parecían ser inherentes a ambos aviones. Para entonces había en funcionamiento o pedidos tantos F-100 que, cualquiera que fuese el problema, había que encontrarlo y resolverlo. Los investigadores se dieron cuenta rápidamente de que para evitar los movimientos violentos e incontrolables durante los giros y bucles por encima de Mach 1, los aviones necesitaban planos de deriva más altos, unas alas de mayor tamaño y dispositivos de amortiguación sensibles. Como consecuencia, se aumentó la envergadura alar del Super Sabre, de doce metros a casi trece, el plano de deriva se hizo treinta y tres centímetros más alto y se instaló un equipamiento que detenía los deslizamientos incipientes antes de que la mayor parte de los pilotos pudieran reaccionar. Por lo que al guiño adverso se refiere, los pilotos sólo tenían que tener cuidado cuando viraban a poca velocidad. Con estos remedios, el F-100 demostró ser un avión seguro.

Un año y medio después de que entrara en servicio el caza, un accidente en el que se vio involucrado un Super Sabre aportó información sobre una materia que, evidentemente, no se había podido probar: la capacidad de supervivencia de un hombre que fuera expulsado del avión a velocidades supersónicas. El 26 de febrero de 1955, el piloto de pruebas George Smith subió a un F-100 para un rutinario vuelo de prueba después de la fabricación. Cuando Smith estaba cruzando el océano Pacífico, a la altura de Palos Verdes, su F-100 repentinamente inclinó la proa hacia abajo y entró en un picado sin control. Smith intentó desplazar hacia atrás la palanca de mando, pero no fue capaz de moverla. Mientras el reactor se precipitaba a tierra, el piloto de un avión de seguimiento le dijo por radio frenéticamente: «George, lánzate en paracaídas.»

A falta de apenas cinco segundos para el impacto —a una altitud de mil ochocientos metros y a una velocidad de Mach 1,05— Smith soltó la cubierta de la carlinga y accionó el mecanismo de expulsión automática del asiento. La corriente supersónica le golpeó con una fuerza de 64 G durante una fracción de segundo, arrancándole el casco y la máscara de oxígeno de un tirón y dejándole inconsciente. El paracaídas de Smith se abrió de forma automática y amaró en el océano, donde le rescató un barco de pesca.

Cinco días después, el piloto despertó en el hospital con graves lesiones internas. Lo último que recordaba, dijo a los investigadores, era la aguja de su



El diseñador Ed Heinemann (izquierda), artífice del Mach 2 D-558-2 Skyrocket de Douglas Aircraft, comprueba los planos en el famoso centro de diseño El Segundo que tiene la empresa en California. En sólo unos cuantos años tras la segunda guerra mundial, dijo Heinemann, los diseñadores de aviones pasaron «de los nada atractivos aviones de transporte y de combate impulsados por hélice a los aparatos de líneas estilizadas y veloces que van raudos hasta las fronteras del espacio».

Machmetro señalando el 1,05. Más tarde se determinó que los sistemas hidráulicos de control del avión habían fallado.

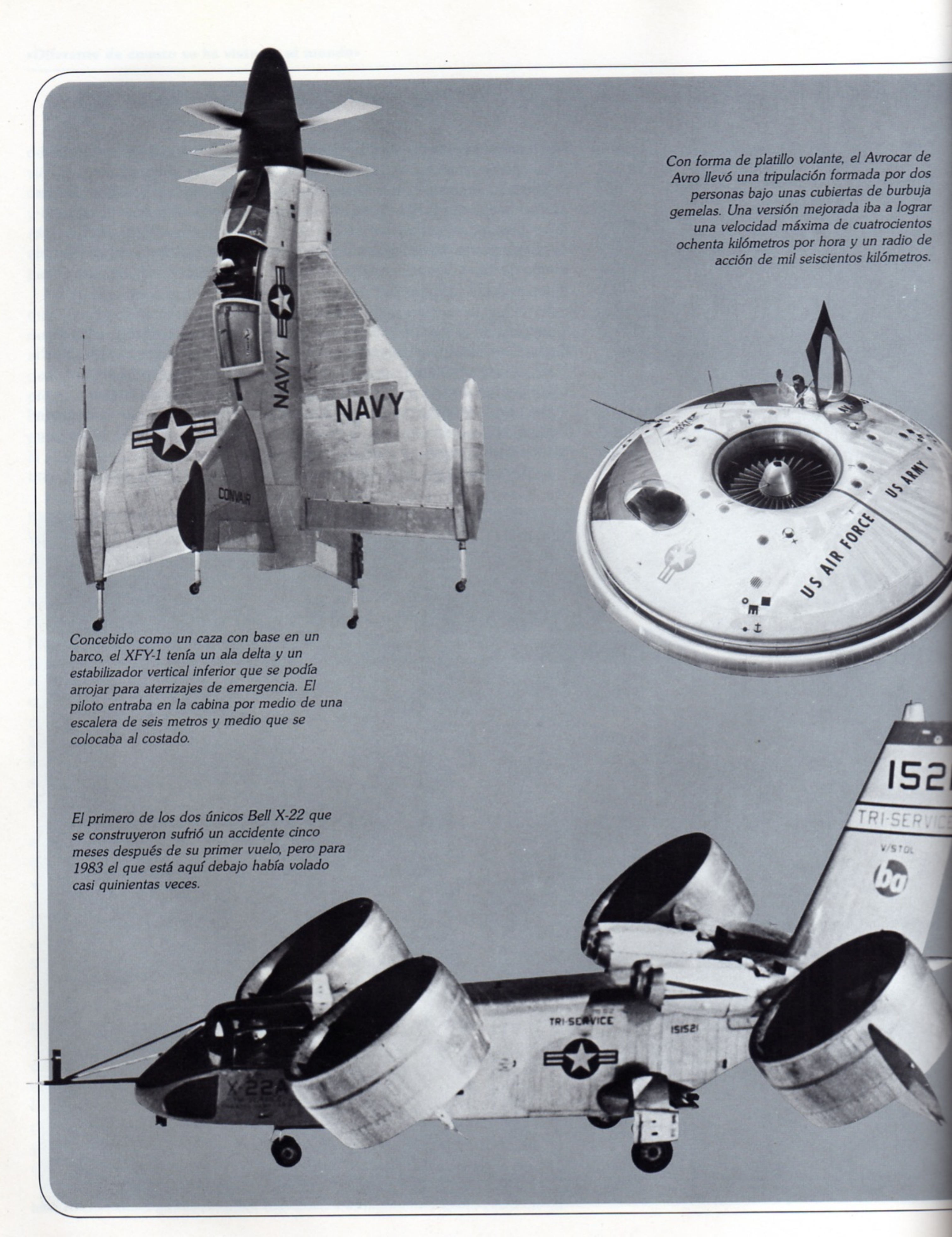
Smith se recuperó y seis meses después de su accidente volvió a trabajar probando aviones F-100. El accidente demostró que la expulsión a velocidades supersónicas, aunque no era mortal de necesidad, sometía al piloto a una enorme presión. Inmediatamente, los ingenieros se aplicaron con ahínco al diseño de trajes de vuelo, cascos de choque y máscaras de oxígeno que resistieran mejor el golpazo del viento.

Con el F-100, el Mach 1 se había convertido en una cosa corriente, y los diseñadores se dedicaron al siguiente reto de un avión de fabricación en serie: Mach 2. El Douglas Skyrocket, otro avión de investigación impulsado por cohete, había demostrado en 1953 que esa velocidad era posible. Sin embargo, para que un avión práctico mantuviera Mach 2 con la potencia de que se disponía con los motores de reacción de mediados de la década de 1950, había que reducir notablemente la resistencia al avance.

La respuesta a este problema se presenta con Richard Travis Whitcomb, un

Los siete diseños experimentales más importantes de la primera parte de los años cincuenta posan en el asfalto cuadriculado de la Base Edwards de las Fuerzas Aéreas. En el centro está el avión tipo dardo Douglas X-3. A su alrededor, en el sentido de las agujas del reloj, comenzando por la parte inferior izquierda, están el Bell X-1A, el Douglas D-558-1, el Convair XF-92A, el Bell X-5, el Douglas D-558-2 y el Northrop X-4.





Con forma de platillo volante, el Avrocar de Avro llevó una tripulación formada por dos personas bajo unas cubiertas de burbuja gemelas. Una versión mejorada iba a lograr una velocidad máxima de cuatrocientos ochenta kilómetros por hora y un radio de acción de mil seiscientos kilómetros.

Concebido como un caza con base en un barco, el XFY-1 tenía un ala delta y un estabilizador vertical inferior que se podía arrojar para aterrizajes de emergencia. El piloto entraba en la cabina por medio de una escalera de seis metros y medio que se colocaba al costado.

El primero de los dos únicos Bell X-22 que se construyeron sufrió un accidente cinco meses después de su primer vuelo, pero para 1983 el que está aquí debajo había volado casi quinientas veces.

Denodados intentos de vuelo vertical

Después de la guerra, un reducido número de diseñadores de aviones en Europa y Estados Unidos abordaron el problema de la construcción de aparatos con capacidad para realizar despegues y aterrizajes verticales (DAV). No iban a ser helicópteros, sino aviones con alas fijas cuya velocidad fuera igual que la de los aviones que operaban desde pistas de despegue.

Este tipo de aviones no eran factibles antes de la invención del motor de turbina de gas; los motores de pistones pesaban demasiado para la potencia que generaban. No obstante, incluso con una cantidad suficiente de potencia, distaba mucho de estar claro cuál era la mejor manera de utilizarla.

Los diseñadores del Convair XFY-1 Pogo (en el extremo de la izquierda) adoptaron el sistema más sencillo. Un motor turbohélice accionaba dos hélices que rotaban en direcciones contrarias. Esto evitaba que el motor hiciera que el avión girase lentamente como una peonza. El Pogo funcionó, pero no muy bien. Decía un piloto, acerca de la necesidad de bajar de espalda para aterrizar sobre las cuatro ruedas giratorias que servían de apoyo al avión: «es terriblemente difícil pilotar un avión mirando por encima del hombro».

El canadiense Avrocar con forma de platillo volante tuvo menos éxito. Impulsado por tres turborreactores que movían un gran ventilador acanalado en su núcleo, se elevaba sobre un colchón de aire y después se desplazaba a unos cuantos metros de altura sobre la tierra. Sus diseñadores tenían la esperanza de que los modelos futuros pudieran volar a alturas superiores, gracias a la fuerza de sustentación generada por la forma aerodinámica del fuselaje, pero el Avrocar, según se dijo, era tan difícil de controlar que se descartó el proyecto.

El concepto con más éxito incorporó el principio de empuje vectorial, mediante el cual los ventiladores impulsados a reacción se podían dirigir verticalmente para los despegues y después girarlos noventa grados para el vuelo horizontal. Comenzando a finales de los años cincuenta, los experimentos con este tipo de sistema han conducido a un caza operativo —el Harrier de British Aerospace— y a un avión de investigación muy complejo, el Bell X-22 A, utilizado para explorar los límites extremos del vuelo vertical.

joven ingeniero del NACA. Whitcomb se había incorporado al organismo en 1943, después de haber leído un artículo sobre él en la revista *Fortune*. A lo largo de los años siguientes, trabajó en diversos proyectos que versaban sobre vuelos de alta velocidad. Luego, en 1951, él y otros científicos del NACA fueron destinados a investigar los misterios de la resistencia al avance a velocidades que se aproximaban a Mach 1 y superiores en los nuevos túneles de viento transónicos de Langley, que habían entrado en funcionamiento a finales de la década de 1940. Mientras probaban diversos modelos, se encontraron ante un curioso fenómeno: la resistencia real al avance de los modelos era mucho mayor que la prevista a velocidades transónicas (las comprendidas entre Mach 0,9 y Mach 1,1).

Whitcomb se quedó preplejo ante este descubrimiento. Empezó a estudiar larga y detenidamente las fotografías de las ondas de choque que se formaban sobre los modelos del túnel aerodinámico. Las fotografías, tomadas con un juego especial de luces y lentes, «me estaban sacando de quicio —recordaba—. Ninguna de ellas era como debía ser». Además de formarse en el morro de los modelos, las ondas de choque también aparecían detrás de las alas. Estas ondas de choque adicionales explicaban la imprevista resistencia al avance. Pero, ¿qué se podía hacer respecto a ellas?

Por lo general, se consideraba que la forma más apropiada para un avión de alta velocidad era la denominada figura aerodinámica ideal, la forma de una bala que generaba menos resistencia al avance que cualquier otra. Ningún avión conseguía ese ideal —siempre había que hacer concesiones para las alas, la cola y la cubierta— pero los diseñadores trataban de aproximarse lo más posible. Dotaban al fuselaje de un morro afilado, después ensanchaban de forma gradual el cuerpo —es decir, aumentaban el área de la sección transversal— hasta que el fuselaje alcanzaba su diámetro máximo casi a la mitad. La parte trasera del fuselaje comenzaba a reducir entonces su diámetro.

A Whitcomb se le ocurrió un día que esta forma de enfocar el problema no era correcta. Después de muchas reflexiones, llegó a lo que él denominó «una regla empírica, una especie de principio básico: la resistencia transónica al avance es una función del desarrollo longitudinal de las superficies del corte transversal de todo el avión». Dicho de otra forma, el diámetro del fuselaje no era lo único que importaba. Era la superficie del corte transversal del fuselaje junto con la de las alas o la cola en un determinado punto la que debía ser igual a la correspondiente superficie del corte transversal de la forma aerodinámica ideal. Por ejemplo, las alas incrementan la superficie del corte transversal del avión; para compensar, el fuselaje ha de construirse más estrecho allí donde se unen a él las alas.

Whitcomb estaba seguro de que había encontrado la explicación de los enigmáticos datos procedentes de los túneles aerodinámicos de Langley. No obstante, ahora tenía que exponer su teoría, que él denominaba «regla de la superficie», ante el selecto seminario técnico de Langley. Si era capaz de soportar el examen del alto personal del NACA, habría superado su primer obstáculo. En la siguiente reunión del seminario, Whitcomb habló durante veinte minutos. Al final de su exposición hubo silencio. Por fin, Adolf Busemann se puso de pie. Dirigiéndose a sus colegas, el pionero de la tecnología de las alas en forma de flecha señaló: «Algunas personas se presentan con ideas a medio desarrollar y las llaman teorías. Whitcomb se presenta con una idea brillante y la llama regla empírica». No podría haber habido mayor elogio para la idea de Whitcomb.

«Ahora tengo que demostrarlo», dijo Whitcomb. Después de una serie de

experimentos, fabricó un modelo con un fuselaje entallado que cumplió con precisión lo que él había predicho que ocurriría. Eliminó prácticamente el dificultoso aumento de la resistencia al avance a velocidades transónicas. El siguiente paso era ver si la regla de la superficie funcionaba en un avión real.

El candidato perfecto era el Convair YF-102. Diseñado como interceptador de Mach 1,5, el reactor achatado con ala delta había resultado decepcionante. En su primer vuelo en 1953, el piloto de pruebas Dick Johnson únicamente pudo superar Mach 1 en un fuerte picado. La resistencia al avance a velocidad transónica había superado los siete mil doscientos cincuenta kilos de empuje que procuraba el motor Pratt & Whitney J57 del YF-102.

Siguiendo las recomendaciones de Whitcomb, los ingenieros de Convair volvieron a diseñar el avión para hacerlo más estilizado, alargando el fuselaje dos metros y medio y entallándolo a lo largo del nacimiento de las alas. El 21 de diciembre de 1954, Johnson subió el reactor rediseñado para realizar un vuelo de prueba; según palabras de su colega el piloto Pete Everest, el avión «pasó con facilidad la barrera del sonido y continuó avanzando». Con su recientemente descubierta velocidad, el YF-102A entró en servicio con la denominación F-102A Delta Dagger y la Fuerza Aérea de Estados Unidos lo utilizó durante muchos años. En 1955, Whitcomb obtuvo el más alto galardón de la aviación, el Collier Trophy, por su importante descubrimiento.

Demostrada la validez de la regla de la superficie, los diseñadores de aviones de todos los lugares empezaron a aplicarla en la siguiente generación de aviones supersónicos. Convair presentó el F-106 Delta Dart, que tenía un motor mucho más potente que el Dagger. Lockheed lanzó el F-104 Starfighter. Impulsado por un motor J79 de General Electric que desarrollaba ocho mil kilos de empuje, el Starfighter se diferenciaba por sus alas cortas y afiladas como navajas barberas con un ratio de espesor máximo a cuerda de sólo un 3,36 por ciento y bordes de ataque en forma de flecha. Un fuselaje fino como un lápiz hacía que el reactor diese la impresión de «avanzar a Mach 2 cuando estaba aparcado en el hangar», señalaba un asombrado piloto. El 27 de abril de 1956, el Starfighter daba cumplimiento a su promesa, convirtiéndose en el primer reactor que superaba Mach 2 en vuelo horizontal. No mucho después, superó la barrera del sonido mientras ascendía y fue el primer reactor que lo lograba.

En septiembre, la Fuerza Aérea estaba dispuesta a afrontar el siguiente reto en su búsqueda de una mayor velocidad: Mach 3. Después de diez años de preparativos, el Bell X-2 estaba por fin listo para acometer el reto, y para tratar de alcanzar la altura todavía no lograda de 30.000 mil metros.

Para resistir los cuatrocientos grados centígrados de calor que se preveían a una velocidad triple que la del sonido, el X-2 estaba fabricado de acero inoxidable y una aleación de cobre y níquel en lugar del aluminio utilizado para aviones más lentos. Su motor cohete generaba un empuje de cuatrocientos kilos menos que el motor J79 del F-104; por consiguiente, el X-2 únicamente podría alcanzar Mach 3 en un picado. No era un avión dócil. El X-2 volaba tan al límite, señaló un observador, que existía «un riesgo previsto de pérdida del piloto y el avión» cada vez que volaba.

El 23 de julio de 1956, Pete Everest, que había realizado diversos vuelos a baja velocidad en el avión, hizo volar al X-2 a la velocidad récord mundial de Mach 2,87. Siete semanas más tarde, un piloto de pruebas, el capitán Iven Kincheloe, un as entre los pilotos que intervinieron en Corea y un experto ingeniero, logró un récord de altitud con el avión cohete. Kincheloe subió por





Un Convair F-102A muestra la forma de botella de Coca-Cola de su fuselaje; el estrechamiento eliminó la resistencia al avance que impedía al modelo anterior llegar a velocidades supersónicas. A la derecha, Richard Whitcomb (del NACA) quien aconsejó remodelar el fuselaje, señala la mejora al Secretario de la Fuerza Aérea Donald Quarles.

encima de la marca de los treinta mil metros como si hubiera hecho lo mismo una docena de veces antes, haciendo caso omiso de un leve bamboleo. De haber intentado corregirlo, lo más probable es que hubiese hecho que el avión quedara fuera de control. El motor cohete agotó su combustible, pero el X-2, girando lentamente sobre su costado, continuó avanzando hasta los 37.860 metros, más de diez mil quinientos metros más alto que lo que ningún hombre había volado anteriormente. Kincheloe alcanzó Mach 2,6 en su picado hacia la tierra antes de que la atmósfera más densa restableciese la eficacia de sus controles y le permitiese enderezar el X-2 y planear a tierra sano y salvo. El vuelo que estableció el récord le valió a Kincheloe el título de «primer hombre del espacio» en los periódicos. Fue una válida descripción, ya que en la cumbre de su trayectoria el 90 por ciento de la atmósfera de la tierra estaba debajo de él. Pudo divisar el sutil arco de la curvatura de la tierra; el sol era un brillante lunar en un cielo azul oscuro.

La meta del Mach 3 seguía pendiente de ser alcanzada. Para esta hazaña, la Fuerza Aérea seleccionó al piloto de pruebas capitán Milburn «Mel» Apt. Destinado varios meses antes al programa del X-2, Apt no había volado todavía en él ni en ningún otro avión cohete. No obstante, era un veterano del vuelo supersónico en el F-100 y su pericia y coraje estaban fuera de toda duda. Mientras volaba como avión escolta con un compañero de pilotaje de pruebas, Apt siguió a tierra a un reactor averiado y cuando éste hizo un accidentado aterrizaje en el desierto, Apt aterrizó a su lado y sacó al ocupante herido de entre los restos que estaban empezando a arder, con lo que le salvó la vida. Además, Kincheloe ya estaba ocupado planificando el siguiente avión de investigación de alta velocidad, el X-15 (*páginas 146-147*); sólo podría volar como escolta. Everest había sido destinado a la Academia de Personal de las Fuerzas Armadas en Norfolk, Virginia. Apt era el indicado para el trabajo.

El 27 de septiembre de 1956, tras varias sesiones en un simulador de vuelo X-2, Apt estaba dispuesto para su misión. Mientras el avión nodriza, un B-50,

X-15, precursor de la era espacial

Cuando la URSS lanzó el *Sputnik I* en 1957, las esperanzas de Estados Unidos respecto a un futuro en el espacio se basaban fundamentalmente en un avión cohete denominado X-15. Diseñado como el avión X más rápido, tenía la finalidad de volar a más de seis veces la velocidad del sonido y alcanzar altitudes superiores a los 60.000 mil metros.

Cuando la Fuerza Aérea, la Marina y el NACA habían pedido este tipo de avión en 1954, sus especificaciones parecían de un ambicioso imposible de conseguir. «Prácticamente lo único que hará este avión —predijo un diseñador a los oficiales del NACA— será probar la valentía del piloto.» Pero otros, especialmente el ingeniero jefe de North American Aviation, Harrison Storms, eran optimistas. Sus diseñadores se pusieron a trabajar y en 1955 se eligió a North American para que construyese tres de los aviones.

El 17 de septiembre de 1959, el X-15 estaba listo para su primer vuelo con motor. El acontecimiento, plasmado en las fotografías de estas páginas, tuvo lugar en la Base Edwards de la Fuerza Aérea en California. A los mandos se encontraba el piloto de pruebas Scott Crossfield. «En cuanto sobrepasé la velocidad del sonido —recordó más tarde— quedó claro que ese avión estaba diseñado para volar a alta velocidad.»

El X-15 inició así una vida útil de nueve años, durante la cual fue estableciendo récord tras récord dentro de la categoría de aeronaves con alas. En 1963, el piloto de pruebas Joe Walker voló en uno de los aviones a una altitud de 106.260 metros, un cincuenta por ciento más de lo que estaba inicialmente planificado. Cuatro años más tarde, un X-15 estableció un récord de velocidad de 7.232 kilómetros por hora, Mach 6,72. Ambos récords se mantendrían durante muchos años.

Los X-15 fueron retirados en 1968. Para entonces, habían colaborado en una amplísima variedad de proyectos, desde la realización de fotografías de estrellas hasta la comprobación de elementos del equipamiento para el programa espacial Apolo. Sin embargo, es posible que el X-15 vaya a ser recordado mejor por demostrar que un piloto es capaz de ascender por encima de la atmósfera de la tierra y volver sano y salvo a tierra firme.

Ataviado con una vestimenta presionizada para vuelos a gran altitud, el piloto de pruebas Scott Crossfield se prepara para introducirse en la carlinga del X-15 que está perfectamente enganchado bajo la enorme ala de un B-52 Stratofortress. Cuando el bombardero despegó para lanzar al X-15 en su primer vuelo con motor, Crossfield tenía una gran confianza. «Tengo billete de primera clase —dijo humorísticamente por la radio— y un compartimiento privado.»





Después de soltarse del B-52 a 11.400 metros, Crossfield encendió las ocho cámaras del cohete. Tres minutos más tarde, después de alcanzar los 15.000 metros de altitud y una velocidad de Mach 2,3, el X-15 había gastado sus 8.100 kilos de combustible y Crossfield planeó hacia su base para aterrizar.

Una vez finalizado el vuelo de prueba, Crossfield se reúne con los periodistas. El avezado piloto, respondiendo con humildad a las felicitaciones con que le daban la bienvenida, las trasladó al ingeniero jefe de North American. «El éxito de un vuelo como éste estriba en el avión —dijo—. Éste es el día de Harrison Storms.»

llevaba al X-2 hacia las alturas, Apt repasaba mentalmente sus instrucciones. Tenía que ascender a 21.000 metros y después hacer un picado a tierra en un intento por alcanzar Mach 3. Si tropezaba con problemas de estabilidad, tenía que aminorar la marcha inmediatamente. Sobre todo, no tenía que realizar repentinos ajustes de los mandos una vez rebasada la velocidad Mach 2,7. Si lo hacía, era muy probable que el avión quedara fuera de control y entonces, como le habían advertido los técnicos, «podría ocurrir cualquier cosa».

Cuando estaba a 7.500 metros, el B-50 soltó al X-2 y Apt puso en funcionamiento el motor cohete del avión. De la tobera de exhaustación salió un chorro de fuego y el X-2 aceleró rápidamente. Dentro de la carlinga, el piloto sintió que la terrible fuerza de aceleración le aplastaba contra el asiento.

«Empieza a subir el morro —dijo por radio Iven Kincheloe, que estaba volando en un avión escolta F-86—. Ya lo tienes, bravo —le animaba—. Parece que va muy bien. Estupendo, ahora está empezando a ascender.»

Kincheloe aceleró al máximo, pero el X-2 se le escapó a gran velocidad y Apt comenzó su ascensión. Cuando estaba a 21.000 metros, Apt apuntó el morro del X-2 hacia abajo e inició el picado. Unos segundos más tarde, el X-2 alcanzó Mach 3,2 —3.916 kilómetros por hora. Hasta entonces, el vuelo había ido con total suavidad. Tras ciento cuarenta segundos, el motor se paró, agotado su combustible, y Apt dijo por radio: «Está bien, se ha parado. Voy a regresar.»

Sin embargo, iba demasiado deprisa, y cuando empezó a ladearse hacia la Base Edwards de las Fuerzas Aéreas, el X-2 quedó fuera de control. Apt gritó «Se va ...» y después quedó inconsciente por la tremenda inclinación del avión. Cuando volvió en sí, se dio cuenta de que no podía recuperar el control y trató de abandonar el avión. Apretó el botón de expulsión y toda la proa, que estaba diseñada como cápsula de escape, se desprendió. Sin embargo, al abrirse el pequeño paracaídas en forma de cono destinado a reducir la velocidad de la cápsula y equilibrar su caída, la conmoción de la repentina deceleración volvió a dejar a Apt inconsciente. Antes de que pudiera recuperarse y abandonar la cápsula utilizando su propio paracaídas, la proa del X-2 se estrelló en el desierto de Mojave y el piloto murió en el acto. Los investigadores estudiaron larga y detenidamente los datos del vuelo, pero nunca fueron capaces de determinar por qué el piloto inició el viraje a tanta velocidad, lo que le hizo perder el control del X-2. La muerte de Mel Apt puso fin al programa del X-2, pero no a la tentación de volar a Mach 3. El primer avión práctico que lo consiguió tenía unas notables diferencias respecto al X-2. Iba impulsado por turborreactores en lugar de cohetes y podía volar a Mach 3 no sólo durante unos cuantos minutos, sino durante horas.



Clarence «Kelly» Johnson, el legendario diseñador de Lockheed, admira un modelo de su Shooting Star, el primer caza reactor operativo estadounidense. «Cuando tenía doce años, sabía lo que quería hacer —dijo una vez—. Desde entonces, mis deseos de diseñar aviones nunca han cambiado.»

El hombre que diseñó con éxito el revolucionario avión que exigía una empresa tan atrevida como aquélla fue Clarence «Kelly» Johnson, de Lockheed. Desde que diseñó el doble plano de deriva para el Electra de la compañía en 1933, Johnson había llegado a jefe del Grupo de Desarrollo de Proyectos Avanzados de Lockheed, un pequeño equipo de elite formado por ingenieros que se autodenominaba «Skunk Works», a semejanza de una fábrica clandestina que aparecía en la conocida tira cómica de Li'l Abner. Con Johnson, este grupo oficioso y semiautónomo se hizo famoso por sus innovadores diseños: el P-80 Shooting Star, el primer reactor norteamericano que se produjo en gran escala; el Constellation, un avión de pasajeros con tres planos de deriva y cuatro motores del que se puede decir que fue el avión de transporte impulsado por hélices más bonito que jamás





Dos de los diseños más famosos de Johnson, el avión espía U-2 y el F-104 Starfighter, arriba y a la derecha, respectivamente. Los primeros U-2 volaron sobre la Unión Soviética casi con total impunidad hasta 1960. El F-104, por el cual Johnson obtuvo en 1954 el Collier Trophy, fue el primer caza reactor de Mach 2.

se ha construido; y el llamado «misil con tripulante», el F-104 Starfighter.

En el verano de 1954, Lockheed sugirió a la Fuerza Aérea el desarrollo de un avión espía, un avión de reconocimiento fotográfico que pudiera volar a gran altura y que tuviera la autonomía necesaria para atravesar grandes extensiones de, por ejemplo, la Unión Soviética. La Fuerza Aérea aprobó la idea, y Johnson y sus ingenieros idearon un elegante diseño: el U-2. Tenía una envergadura alar de 24 metros, capaz de sustentarlo en la tenue atmósfera por encima de los 18.000 metros y podía cargar tanto combustible que tenía una autonomía de 6.400 kilómetros.

En 1956, el U-2 empezó a volar sobre la Unión Soviética, muy por encima de las defensas aéreas rusas. Sin embargo, Johnson se dio cuenta de que los avances soviéticos en la tecnología de radares y de misiles tierra-aire acabarían por hacer vulnerable al «pájaro-U». Él y su equipo estudiaron las maneras de aumentar la supervivencia del U-2, pero enseguida llegaron a la conclusión de que la mejor manera era diseñar un avión de reconocimiento totalmente nuevo para mantenerse por delante de la Unión Soviética. El avión que Johnson imaginó era capaz de volar a Mach 3 por encima de los 24.000 metros.

En la primavera de 1958, Johnson aceptó una propuesta formal de un nuevo avión espía para la Fuerza Aérea y para la Agencia Central de Inteligencia, que se había interesado por el proyecto. Al mismo tiempo, la Marina y Convair propusieron aviones espía propios, impulsados por autorreactores: motores que no tienen compresor y dependen de la velocidad de un avión para inyectar el aire en la cámara de combustión. La Marina sugirió el desarrollo de este tipo de avión y su lanzamiento desde un globo; como el autorreactor no funcionaba a velocidades inferiores a los ochocientos kilómetros por hora, hacían falta cohetes aceleradores para arrancar el avión. La idea resultó ser impracticable, ya que el globo habría tenido que medir más de kilómetro y medio de diámetro para elevar el avión. La propuesta de Convair apenas si resultó más práctica: un avión Mach 4 al que situaría en posición de vuelo un bombardero supersónico Convair B-58. El Gobierno rechazó esa idea, por-

Siete pilotos que hicieron el sacrificio máximo

En 1937, Edmund T. «Eddie» Allen, el famoso decano de los pilotos de pruebas norteamericanos, escribió que un buen piloto de pruebas era un hombre «decidido a reducir sus riesgos y capaz de hacer planes para todas las emergencias que pudieran surgir». Podría haber estado describiendo a cualquiera de los hombres cuya fotografía aparece aquí. No obstante, a pesar del metódico cuidado que ponían al abordar su trabajo, todos ellos murieron a los mandos de los aviones que pilotaban para ganarse la vida.

Algunos perecieron víctimas de aviones experimentales, como el Bell X-2 o las alas volantes de Northrop, a pesar de los ímprobos esfuerzos de sus diseñadores por hacerlos seguros. Otros fueron traicionados por aviones menos exóticos, bien por fallos ocultos de funcionamiento que no se pudieron prever, bien en extraños accidentes durante misiones de rutina. Sin embargo, estos hombres dejaron un valioso legado de hazañas a la historia de la aviación: con su valentía, pericia y celo profesional, definieron un modelo de excelencia que inspiraría a todos aquellos que llegaron después.



Durante su carrera, Eddie Allen pilotó no menos de ochenta aviones diferentes en sus primeros vuelos. Murió cuando un prototipo de B-29 se incendió y se estrelló en 1943.



Milo Burcham, de Lockheed, que se hizo famoso probando el P-38 Lightning, murió en 1944 en el accidente de un caza reactor P-80.



Reconociendo el peligro que tenía el trabajo, Northrop pagó a Harry Crosby quince mil dólares en 1944 por probar su ala volante MX-334 impulsada por cohetes. Murió en un accidente que tuvo con la sucesora de aquélla, la XP-79, en su primer vuelo.



Glen Edwards se licenció en ingeniería aeronáutica antes de incorporarse al programa de ala volante YB-49 de Northrop en 1948. Falleció cuando un prototipo del bombardero estalló en vuelo sobre el desierto de Mojave.



El capitán Milburn «Mel» Apt fue el primer piloto que superó Mach 3 cuando su avión de investigación X-2 alcanzó los 3.350 kilómetros por hora en 1956. En cuestión de segundos, el avión dio un bandazo, quedó fuera de control y se precipitó a tierra.

El piloto de X-2 capitán Iven Kincheloe había sido elegido para pilotar el X-15 de North American cuando murió en 1958 durante un vuelo de rutina en un F-104.





En 1963, Joe Walker voló con el X-15 y alcanzó una altitud récord de 106.260 metros. Tres años más tarde, falleció cuando su F-104 colisionó con un bombardero XB-70 (páginas 157-159).

que el lanzamiento de un avión desde un B-58 a gran velocidad resultaba demasiado complicado y arriesgado.

Con Convair y General Dynamics fuera de la competición, el Gobierno aceptó la propuesta de Lockheed en enero de 1960 y encargó a la empresa la construcción en secreto de doce prototipos del diseño que Skunk Works había denominado A-12. Los motores tenían que ser turborreactores de gran potencia equipados con dispositivos de poscombustión que funcionaran constantemente para mantener el vuelo a Mach 3. Para alimentar los motores, el avión transportaría 36.000 kilos de combustible. El avión tendría un largo y estilizado fuselaje y unas achaparradas alas delta con bordes de ataque que se unían suavemente a unas superficies horizontales adosadas al fuselaje para aumentar la sustentación.

Johnson recordaba que durante los dos años que hicieron falta para pasar el diseño radical del A-12 de planos a prototipo, «todo lo que iba en el avión, desde los remaches y los fluidos hasta los materiales y las plantas motrices,

Los pilotos de pruebas de la Fuerza Aérea de EE UU coronel Robert Stephens (delante) *y coronel Daniel Andre posan en su Lockheed YF-12A el 1 de mayo de 1965. Acababan de establecer con el reactor —que era una versión experimental de caza del avión de reconocimiento SR-71— un récord de velocidad de 3.331 kilómetros por hora y un récord de altura para vuelo sostenido de 24.077 metros.*



tuvo que ser diseñado a partir de cero». Y las invenciones había que hacerlas rápidamente. Porque el 1 de mayo de 1960, los soviéticos derribaron un U-2 pilotado por Francis Gary Powers. Ahora era más importante que nunca construir un avión de reconocimiento que pudiera volar tan rápido y tan alto que resultase prácticamente invulnerable. El grupo de Skunk Works redobló sus esfuerzos.

El primer problema que encontraron los diseñadores de Johnson fue el material con que se construiría el A-12. A ningún avión se le había exigido que resistiera las temperaturas de entre 260 y 538° C generados por una velocidad constante de Mach 3. El aluminio quedaba fuera de discusión. No se fundiría, pero el calor lo fatigaría y debilitaría. Tras consultar con los expertos en metalurgia, Johnson se decidió por el titanio, un metal termorresistente que posee la fuerza y la resistencia al calor del acero, pero que es tan ligero como el aluminio.

Cuando Lockheed empezó a trabajar en el A-12, la tecnología del titanio estaba en pañales. Los primeros paneles de titanio que se fabricaron para el reactor eran tan frágiles que si se caían, se hacían añicos. En cuanto se solucionó este problema, surgió otro que podría haber supuesto un reto para Sherlock Holmes.

Los expertos en metalurgia de Skunk Works descubrieron que las soldaduras de algunos paneles de las alas fallaban después de un breve período de pruebas de simulación de vuelo. Otros paneles parecían durar por tiempo indefinido. Investigando en los registros de fabricación, Johnson descubrió en primer lugar que los paneles soldados durante el verano tenían una duración mucho más breve que los soldados en invierno. Nuevas investigaciones pusieron de manifiesto que el problema tenía su origen en la mayor cantidad de cloro que Burbank empleaba en su red de distribución de agua durante el verano, para impedir la formación de algas. Cuando las soldaduras se lavaban con el agua fuertemente clorada, se debilitaban. Johnson ordenó que se emplease agua destilada en ese proceso y no hubo más problemas de soldaduras debilitadas.

Posteriormente, durante las pruebas de resistencia al calor surgió otro problema. Los paneles de las alas se alabeaban tanto que distorsionaban el contorno del ala. Johnson decidió utilizar paneles ondulados que recordaban la cobertura de los trimotores Junkers y Ford de décadas anteriores. Cuando los nuevos paneles se calentaban, las apenas visibles ondulaciones se ahondaban unas milésimas de centímetro, permitiendo que el metal se dilatase sin doblarse. Los paneles volvían a recuperar su forma original cuando se enfriaban. «Me acusaron de tratar de hacer que un Ford Trimotor de 1932 volase a Mach 3 —recordaba Johnson—, pero la idea funcionó».

Los sistemas operativos del avión también tenían que funcionar correcta y fiablemente a elevadas temperaturas, y hubo que desarrollar o mejorar nuevos productos en varios campos. Se desarrolló un fluido hidráulico que soportase temperaturas de 350 grados, 65 grados más que los requisitos usuales. Todas las conexiones eléctricas del avión estaban chapadas en oro, puesto que el oro conserva su conductividad eléctrica a temperaturas elevadas mejor que el cobre o la plata. Los cables de los mandos estaban hechos de Elgiloy, material que se emplea en los muelles de los relojes; es una aleación de acero, cromo y níquel que mantiene su fortaleza incluso cuando se calienta.

El motor elegido para impulsar el nuevo superavión de Lockheed fue el turborreactor Pratt & Whitney J 58. Diseñado inicialmente para un avión de asalto para la Marina que nunca llegó a fabricarse, se tuvo que modificar substancial-

Un Lockheed SR-71 Blackbird asciende sobre un banco de nubes. Los dos motores gemelos del reactor, de 32 metros de longitud, producían un empuje conjunto de casi 30.000 kilogramos.

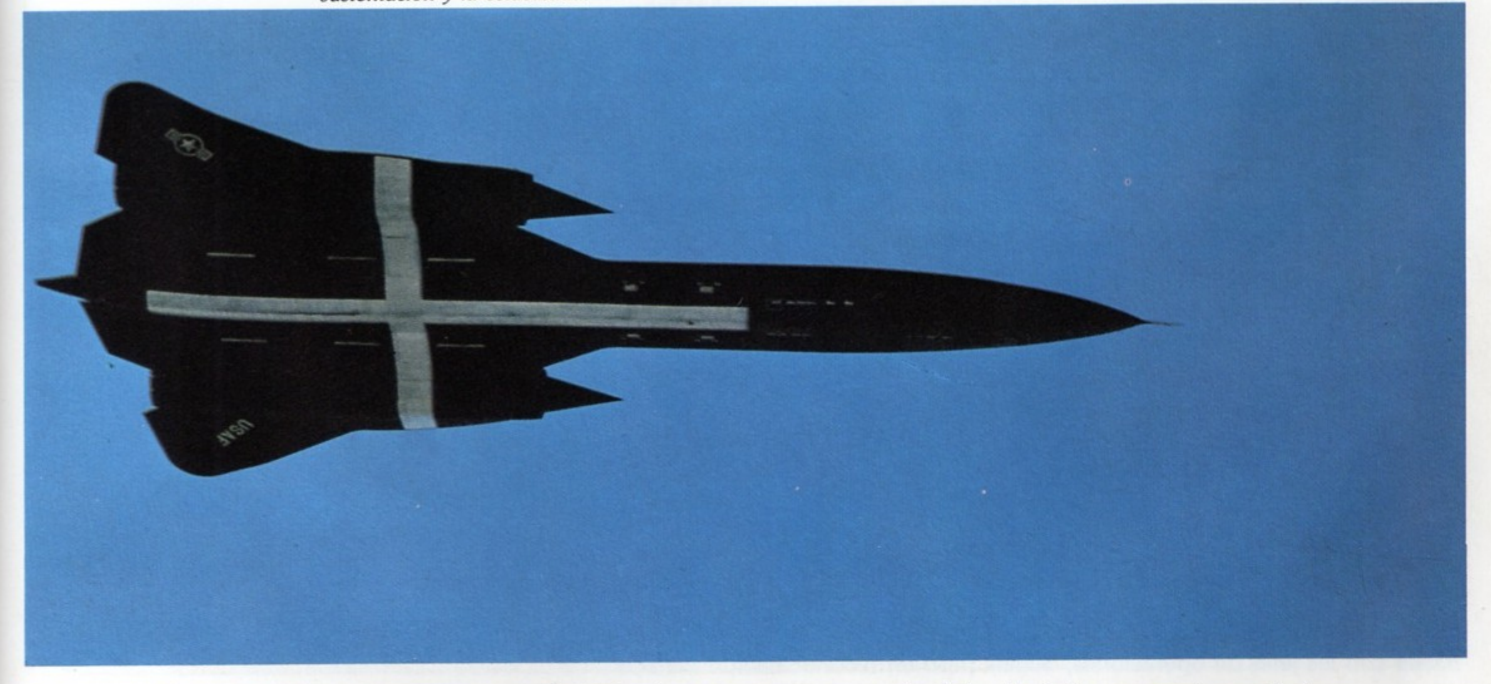


En esta espectacular fotografía de la Fuerza Aérea, un Blackbird se apresta a aterrizar en una base aérea de Luisiana. Cuando el reactor Mach 3 toca tierra, se abre un enorme paracaídas de freno para ayudarle a detenerse.





Esta vista desde arriba de un SR 71 destaca la pestaña envolvente del fuselaje del aparato, diseñada para aumentar la sustentación y la estabilidad.



Con una cruz blanca para facilitar el seguimiento, un Blackbird se lanza para conseguir un récord de velocidad en trayectoria cerrada de 3.510 kilómetros/hora en 1976.

mente para satisfacer las rigurosas exigencias de Johnson. Por ejemplo, en el A-12, los dispositivos de poscombustión se emplearían durante muchas horas seguidas, y no durante unos pocos minutos cada vez. Además, el motor debía tener un consumo de combustible suficientemente reducido para poder volar más de 4.800 kilómetros sin repostar. Al final, las únicas cosas que no se cambiaron fueron las dimensiones del motor, y su turbina y compresor.

El sistema de alimentación del combustible planteaba un problema espinoso en el A-12, relacionado con la construcción del avión. Para ahorrar peso, el forro de la aeronave formaba las paredes de sus depósitos de combustible. Como el forro se calentaría muchísimo durante el vuelo y después se enfriaría y se contraería, sería imposible sellar herméticamente el fuselaje para evitar las fugas de combustible; en tierra, el A-12 estaría rodeado de pequeños charcos de combustible que se escurriría lentamente de los depósitos. Por fortuna, el A-12 podía contar con un combustible para reactores llamado JP-7. Con un punto de ignición mucho más alto que el del combustible ordinario para reactores, no se podía encender con una chispa espontánea o una cerilla. Esta menor combustibilidad significaba que el JP-7 se tendría que encender en el motor J58 con ayuda de tetraetilborano, un compuesto químico tan inestable que ardía espontáneamente en contacto con el aire. Afortunadamente, hacía falta muy poco de este líquido, que se podría cargar en el avión dentro de un pequeño depósito, absolutamente estanco.

El A-12 estuvo dispuesto para su primer vuelo en la primavera de 1962, mientras que el J58 seguía sometido a trabajos de mejora. En ese momento, Johnson decidió equipar al avión con los motores J75, menos potentes, para probar sus características de vuelo a velocidades más reducidas. El piloto de pruebas de Lockheed Louis W. Schalk voló varias veces con el A-12 infrapropulsado. El avión respondió como se esperaba y Schalk no tropezó con dificultades dignas de mención.

Por fin, a principios de 1963, se instalaron los motores J58. No todo fue de color de rosa con tales plantas motrices. En las primeras pruebas, los ingenieros de Skunk Works tuvieron dificultades para acelerar el compresor del J58 hasta la velocidad de arranque, un problema que Johnson resolvió fabricando un motor de arranque en tierra con dos motores Buick de competición, de 300 caballos cada uno, que acopló con una caja de cambios común para hacer girar el compresor del reactor.

En las tomas de aire del A-12 había un cono móvil para ayudar a controlar el suministro de aire al motor. Estos conos fueron otra fuente de dificultades. Se suponía que durante los vuelos supersónicos la onda de choque generada por la punta del cono se mantendría dentro de la toma de aire. Sin embargo, llegado el momento, la onda de choque salió por el exterior y privó súbitamente de aire al motor. Los pilotos compararon la consecuente pérdida de empuje a «viajar en un tren que choca de frente contra otro», porque el avión frenaba súbita y violentamente. Para resolver el problema, los ingenieros de Pratt & Whitney desarrollaron un sistema que recogía automáticamente la onda de choque tan rápidamente que eran contadas las ocasiones en que el piloto se daba cuenta de que un motor había fallado. Cuando los motores J58 funcionaron con suficiente fiabilidad, el avión estuvo listo para el intento de alcanzar el Mach 3.

En algún momento a mediados de 1963 —hay muchos detalles del vuelo que siguen siendo secretos— Schalk llegó una mañana al «Rancho», un polígono de pruebas muy vigilado en el suroeste de Estados Unidos. Después de hablar con los jefes de operaciones, Schalk pasó un reconocimiento médico

La mala estrella del Valkyrie

En 1955 la Fuerza Aérea estadounidense hizo planes para contar con un bombardero nuclear supersónico. El resultado cobró forma en 1963 en las factorías de North American y fue el XB-70A Valkyrie que, a la sazón, era el avión supersónico más grande del mundo. Medía 31,5 metros de punta a punta del ala y 57 de la proa a los planos de deriva, con un fuselaje elegantemente arqueado.

Con seis turborreactores General Electric YJ93 que generaban más de 13,5 toneladas del empuje cada uno, el XB-70 era tan rápido como había esperado la Fuerza Aérea. El 14 de octubre de 1964 un Valkyrie pasó a ser el segundo aparato propulsado por reactores, después del Lockheed Blackbird, que mantuvo una velocidad de Mach 3.

No obstante, para ese momento el aparato había perdido su atractivo como superarma —se creía que los misiles con cabezas nucleares eran superiores— y la idea de crear una flota de Valkyries se arrinconó. Los dos prototipos siguieron operando como aparatos de investigación, dedicados a analizar los problemas que encontraban los aviones grandes a velocidades supersónicas. Posteriormente, el 8 de junio de 1966, uno de los Valkyries se perdió al ser alcanzado en vuelo (*página siguiente*) por un F-104 Starfighter, pilotado por Joe Walker, uno de los mejores pilotos de pruebas de la historia de la aviación. Dos años después, el programa de investigación se abandonó, a causa de su excesivo coste, y el XB-70 superviviente se aparcó en el Museo de la Fuerza Aérea de la Base Wright-Paterson, en Ohio.



Un gran grupo de personas observa las estilizadas líneas del bombardero Valkyrie XB-70 en la ceremonia de presentación el 11 de mayo de 1964.



El XB-70 encabeza una formación de reactores supersónicos segundos antes de que el F-104 de cola roja de Joe Walker colisione con el extrem ala derecha del bombardero (fotografía de la derecha).



Dejando tras de sí unas blancas estelas de combustible, el XB-70 empieza a precipitarse a tierra. Su piloto, Al White, consiguió lanzarse, pero acabó malh

malhadado Valkyrie se mantiene en vuelo, mientras el F-104 de Walker explota en llamas; Walker no tuvo oportunidad alguna de escapar.



na columna de humo negro se levanta desde el lugar en el que impactó el Valkyrie. El copiloto, Carl Cross, cayó a tierra con el avión.

y le ayudaron a vestirse para el vuelo. Veinte minutos después, estaba completamente enfundado, como una momia moderna, en un traje presionizado de 20 kilogramos de peso. El conjunto valorado en 100.000 dólares —sólo los guantes ya costaban 2.000 dólares— podría salvarle la vida si tenía que saltar a gran velocidad o altitud. Los técnicos le conectaron a un equipo de aire acondicionado portátil y le llevaron hasta el A-12 que estaba esperando.

Cuando llegaron junto a él, Schalk avanzó con grandes dificultades hacia el avión y ascendió por una escalera hasta la carlinga. Durante casi media hora él y la tripulación de tierra repasaron la larga lista de comprobación previa al vuelo. Al final, se dio la señal de arranque y los motores Buick empezaron a hacer girar las turbinas J58. El jefe del equipo de tierra escuchó unos instantes el zumbido de los motores, cada vez más agudo; sonaban estupendamente. Cerró la cubierta de la carlinga del avión e hizo a Schalk la clásica señal de «listo» con el pulgar levantado.

Con un avión de seguimiento tras él, Schalk dirigió el A-12 hacia la pista de despegue, con la proa oscilando levemente. Cuando la torre de control indicó que todo estaba despejado, Schalk avanzó a plena potencia los mandos de admisión de gases. Dos llamaradas anaranjadas brotaron en el aire del desierto al entrar en acción los posquemadores. El piloto de pruebas soltó los frenos, el A-12 avanzó como una exhalación por la pista y despegó. Siguiendo un plan cuidadosamente elaborado, Schalk ascendió hasta unos 10.500 metros, superando con facilidad la velocidad del sonido. Siguió ascendiendo y acelerando; en cuestión de minutos, estaba volando a más de 3.200 kilómetros por hora —Mach 3— a 21.000 metros de altitud. Antes de volver a la base, Schalk hizo ascender el avión otros 3.000 metros más.

El A-12 de Kelly Johnson había cumplido el objetivo. La Fuerza Aérea declaró que el avión era apto para entrar en servicio y pasó un pedido por un número indeterminado de un modelo avanzado de dos plazas, denominado SR-71. El presidente Lyndon Johnson anunció la existencia del avión secreto en febrero de 1964. El primer SR-71 entró en servicio en el Mando Aéreo Estratégico dos años después, realizando misiones sobre el sudeste asiático al poco tiempo. Para entonces, el reactor era conocido con el nombre de Blackbird; su forro de titanio se había pintado de negro para mejorar la radiación de calor del avión y ayudar a refrigerarlo.

En 1974, un Blackbird estableció un récord de velocidad transatlántico de una hora cincuenta y cuatro minutos y cincuenta y seis segundos en los 5.586 kilómetros de la ruta entre Nueva York y Londres —menos de una decimoséptima parte de lo que necesitó Charles Lindberg para volar hasta París cuarenta y cinco años antes. Dos años después, el Blackbird estableció un récord mundial de velocidad para reactores, con 3.530 kilómetros por hora.

Dos decenios después de su primer vuelo, el Blackbird, con su elegante silueta, no había sido superado. Representaba la culminación de los grandes avances experimentados por la aviación desde la época de los biplanos. Los creadores de aquellos originales aparatos se sentían sobradamente satisfechos con conseguir que se mantuviesen en el aire. Eran conscientes de que los aviones que construían eran limitados, y esa consciencia les impulsaba a perfeccionarlos. Los biplanos dejaron su lugar a los monoplanos, la construcción de madera a la de metal, los motores de pistones a los reactores. Cada paso adelante era manifestación del espíritu de investigación de los diseñadores de aviones y del valor de los pilotos de pruebas, quienes, en equipo, hicieron que la aviación pasase de los días de los locos cacharros a la era de los vuelos supersónicos.

Obras maestras del arte de los diseñadores

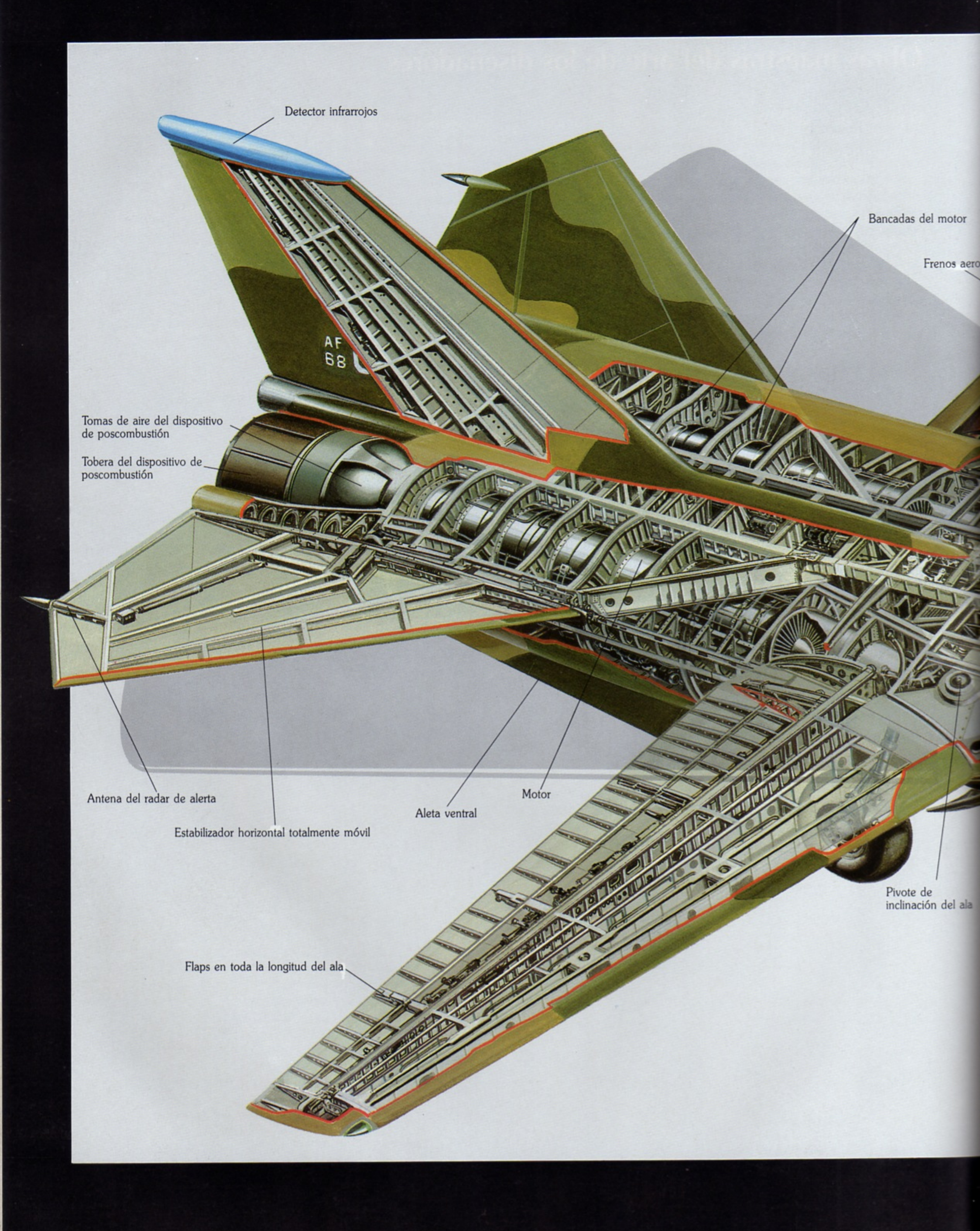
El primer vuelo del F-111 de General Dynamics *(abajo)* en 1964, supuso un hito en el diseño de aviones. Por descontado, no volaba ni tan alto ni tan rápido como el avión espía SR-71. No obstante, el cazabombardero realizaba admirablemente bien las funciones para las que había sido diseñado: podía despegar desde una pista de sólo 1.050 metros de longitud, avanzar hacia un objetivo a más de dos veces la velocidad del sonido, soltar su carga de bombas y volver supersónicamente a la base para rearmarse.

Tras el notable comportamiento del F-111 había una característica que nunca se había aplicado, salvo en los aparatos experimentales: el ala de geometría variable. Anclada en pivotes que se encontraban casi equidistantes de la proa y la cola, *(vista en corte, al dorso)*, las alas se podían extender casi perpendicularmente al fuselaje para despegar con una carga pesada, incluso desde pistas sin pavimentar, y después se plegaban acusadamente hacia atrás para los vuelos supersónicos.

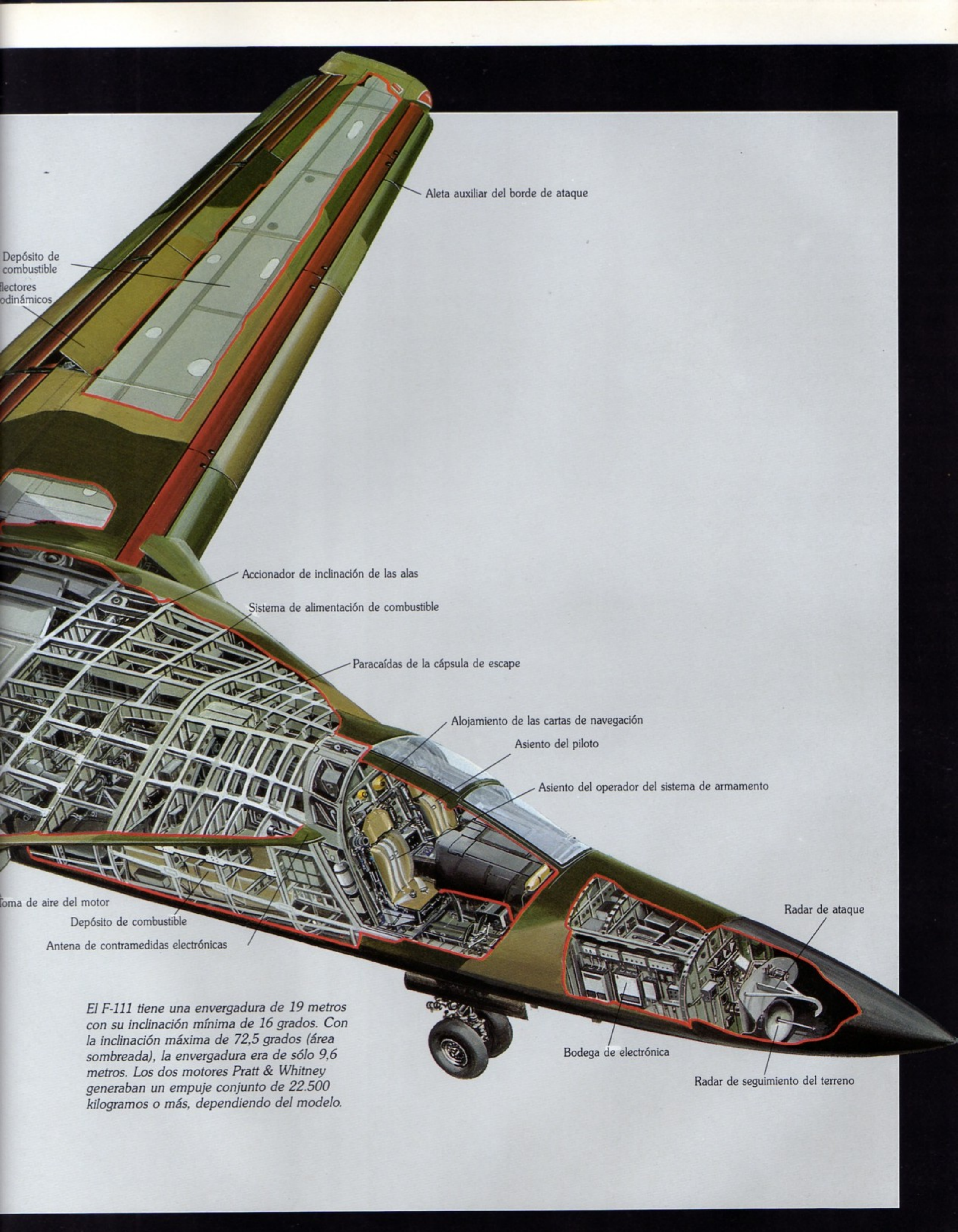
A principios de la década de 1980, los diseñadores habían presentado muchos aviones maravillosos, además del F-111 y del SR-71. Algunos de ellos eran poco más que los bocetos previos de los dibujantes. Otros se habían construido para que fueran rápidos. Otros llevaban armas devastadoras. Algunos volaban a gran altitud. Otros eran ágiles. Algunos otros estaban diseñados para ser seguros y divertidos para los pilotos de fin de semana. Un muestrario de estos aviones se presenta a partir de la página 164.



Un F-111 con pintura de camuflaje, que aparece en la fotografía con las alas extendidas prácticamente del todo, acaba de concluir una maniobra de repostaje en vuelo. El F-111 tenía una autonomía sin repostaje de unos 6.400 kilómetros, con una carga de 11.000 kilogramos de bombas y misiles. Los sistemas avanzados de navegación y radar le permitían volar sin escolta hasta objetivos muy adentrados en territorio enemigo y hacer pasadas de bombardeo de precisión a 1.900 kilómetros por hora, «por oscura que estuviera la noche —decía un piloto— o por malo que fuera el tiempo».



Detector infrarrojos
AF
68
Bancadas del motor
Frenos aero
Tomas de aire del dispositivo de poscombustión
Tobera del dispositivo de poscombustión
Antena del radar de alerta
Estabilizador horizontal totalmente móvil
Aleta ventral
Motor
Pivote de inclinación del ala
Flaps en toda la longitud del ala



El F-111 tiene una envergadura de 19 metros con su inclinación mínima de 16 grados. Con la inclinación máxima de 72,5 grados (área sombreada), la envergadura era de sólo 9,6 metros. Los dos motores Pratt & Whitney generaban un empuje conjunto de 22.500 kilogramos o más, dependiendo del modelo.



El F-16XL difiere del F-16 principalmente en su nueva ala de flecha quebrada, llamada así por el borde de ataque en zig-zag. Este tipo de ala reduce en un 53 por ciento la resistencia al avance y contiene grandes depósitos de combustible. En conjunto, estas características permiten al F-16 XL volar un cincuenta por ciento más lejos que el F- 16, y llevar el doble de carga.

Una maqueta HiMat (Tecnología aeronáutica muy maniobrable) controlada por radio y construida por Rockwell International, se inclina lateralmente para iniciar un viraje sobre California. Este avión, con módulos para las alas y la cola a fin de poder probar varias formas de plano aerodinámico, cuesta menos de una cuarta parte del precio de un avión tripulado que tuviese la misma versatilidad.

Las luces de navegación de una versión avanzada del Harrier, el de British Aerospace, fabricada por McDonnell Douglas señalan el descenso en espiral del avión en esta fotografía de larga exposición de un aterrizaje nocturno, El motor del reactor está equipado con toberas de salida de gases que giran para los despegues y aterrizajes verticales.



Un trío de aviones deportivos Rutan muestran las falsas alas que hacen muy seguros de pilotar estos aviones de extraño aspecto, que se pueden construir a base de kits. Montadas cerca del morro, estas alitas impiden que el ala principal alcance el ángulo de ataque (página 20) que haría entrar en pérdida al avión.



Con la proa abatida para que el piloto pueda ver la pista, un prototipo del Concorde franco-británico despega en su primer vuelo en 1969. Este reactor, que alcanza una velocidad Mach 2,2, lleva 100 pasajeros y tiene una autonomía de 6.485 kilómetros, fue sometido a una serie de rigurosísimas pruebas de vuelo y no entró en servicio hasta 1975.

El Bell XV-15 desplaza sus motores de posición vertical a horizontal durante un vuelo de prueba. Con los rotores apuntando hacia arriba, el avión experimental podía mantenerse suspendido en el aire, despegar o aterrizar como un helicóptero; con los rotores apuntando hacia adelante, el XV-15 actúa como un avión convencional y tiene una velocidad máxima de 550 kilómetros por hora.


NASA/ARMY
703
N703NA
BELL XV-15



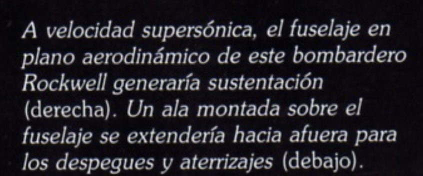
El avión de investigación X-24B de Martin-Marietta, impulsado por cohetes, planea hacia tierra durante un vuelo de prueba en la década de 1970. El aparato sin alas recibió la denominación de cuerpo sustentable, porque el fuselaje proporciona la sustentación.

Unida a un enorme depósito de combustible y dos cohetes aceleradores, la lanzadera espacial Columbia, el primer aparato espacial reutilizable del mundo, espera preparada para el lanzamiento en Cabo Cañaveral. La lanzadera, que está diseñada para poner su carga en órbita y volver a tierra, despegó el 12 de abril de 1981, y dos días después planeó para realizar un aterrizaje perfecto en la Base Aérea Edwards, de California.


USA

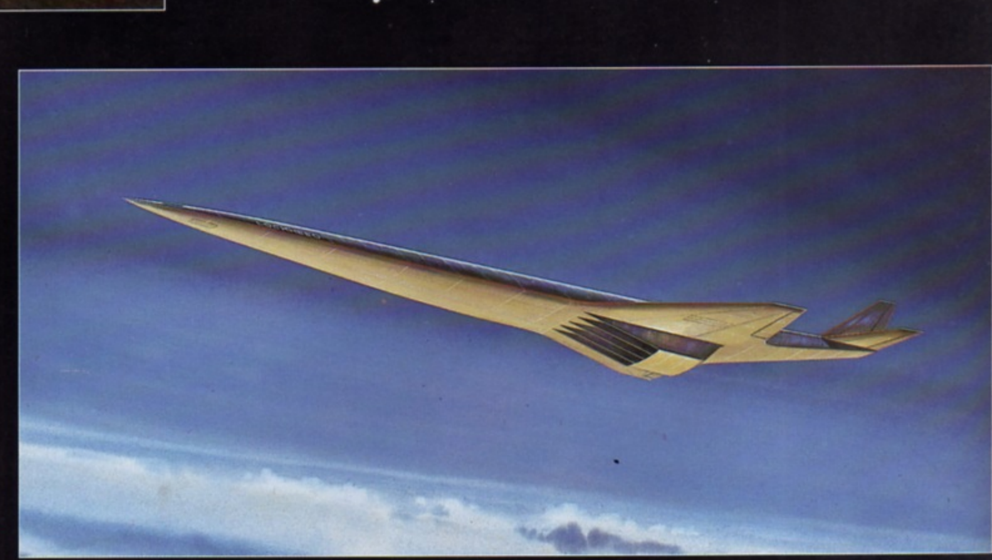


Un bombardero de ala delta propuesto por Rockwell International es del tipo de carga en el ala, es decir, que llevaría toda su carga útil en el ala. El avión se muestra en la ilustración destruyendo un misil enemigo con un rayo láser.



A velocidad supersónica, el fuselaje en plano aerodinámico de este bombardero Rockwell generaría sustentación (derecha). *Un ala montada sobre el fuselaje se extendería hacia afuera para los despegues y aterrizajes* (debajo).





El avión de línea a Mach 4 propuesto para el siglo XXI *por Lockheed transportaría un pasaje estimado de 200 personas a una altitud de 36.000 metros.*



Propuesto como plataforma de lanzamiento de misiles, este Boeing de turbohélice tendría un consumo de combustible excepcionalmente reducido. Tiene unas hélices eficientes con palas delgadas y puntas inclinadas para reducir la resistencia al avance.



El rotor de este helicóptero de reacción propuesto para la Marina estadounidense se inmovilizaría después del despegue para hacer funciones de ala X en vuelos a alta velocidad.

Este carguero gigante de Lockheed, capaz de transportar una gran carga en su descomunal ala, como el bombardero Rockwell de la página anterior, tiene un ala de casi 76 metros de envergadura que podría alojar 270 toneladas de carga. El avión tendría una autonomía de 8.000 kilómetros.

Agradecimientos

El índice de este libro fue preparado por Gale Linck Partoyan. Por su ayuda en la preparación de este volumen, los editores expresan su agradecimiento: **en Francia**: Le Bourget—Georges Delaleau, Yvan Kayser, general Pierre Lissarague, director, Jean-Yves Lorent, general Roger de Ruffray, subdirector, coronel Pierre Willefert, conservador, Museo del Aire; París—Avions Marcel Dassault-Breguet Aviation; coronel Edmond Petit, conservador, Museo de Air-France; Robert Roux G.I.F.A.S. **En la República Federal Alemana**: Berlín—Dr. Roland Klemig, Heidi Klein, Bildarchiv Preussischer Kulturbesitz; Wolfgang Streubel, Ullstein Bilderdienst; Hannes Quaschinsky, ABN-Zentralbild; Munich—Hans Ebert, Messerschmitt-Bölkow-Blohm; Kyril von Gersdorff, Walter Zucker, Museo Alemán; Swistall-Buschhoven—Ernst M. Paulsen; Wentorf/Hamburg—Kurt Reitsch. **En Gran Bretaña**: Cambridge—Constance Babington-Smith; Farnborough—D.W. Goode, B.C. Kervell, Royal Aircraft Establishment; Londres—John Bagley, Museo de las Ciencias; Arnold Nayler, Real Sociedad Aeronáutica; Bruce Robertson; Marjorie Willis, BBC Hulton Picture Library; Surrey—E.B. Morgan; West Midlands—Michael Daunt. **En Italia**: Milán—Maurizio Pagliano; Roma—Condesa Maria Fede Caproni, Museo Aeronáutico Caproni di Taliedo; Cesare Falessi, Aeritalia; capitán Mario Manca, Estado Mayor del Aire. **En Estados Unidos**: California—Dra. Ira E. Chart, historiadora, División de Aeronáutica, Northrop Corporation; Peter Ferguson, Coordinador de Información Pública, Lockheed-California Company; Harry S. Gann, director, Bruce MacKenzie, Información Aeronáutica, Douglas Aircraft Company; Edward Heinemann; Jerome Lederer, Anthony Le Vier; Chere Negaard, director de la biblioteca, Biblioteca de la Universidad de Northrop; Glenn E. Odekirk; Ben Rich, vicepresidente y director general, Advanced Development Projects, Lockheed Corporation; John Underwood; Washington, D.C.—Bob Dreesen, Phil Edwards, Biblioteca del Museo Nacional del Aire y el Espacio; Julie Gustafson, Susan E. Simpson, Investigadores, Defense Audio Visual Agency; E.T. Wooldridge Jr., Conservador de Aeronáutica, Museo Nacional del Aire y el Espacio; Texas—Paul Bailey, Investigador Asociado, Hoblitzelle Theatre Arts Library, Centro de Investigación de Humanidades, Universidad de Texas en Austin; Virginia—Scott Crossfield; Moses Farmer, ingeniero aeroespacial, Charlie M. Jackson Jr., director, Supersonic Aerodynamics Branch, Richard Layman, coordinador del programa histórico Langley, Pat Zoeller, cuestiones públicas, Centro de Investigación Langley de la NASA; teniente coronel Eric M. Solander, presidente, División de libros y revistas, teniente primero Peter S. Meltzer Jr., vicepresidente, Oficina de Asuntos Públicos de la Fuerza Aérea de EE UU. Una fuente de información y citas especialmente útil para este volumen ha sido *Revolution in The Sky: Those Fabulous Lockheeds and the Pilots Who Flew Them*, de Richard Sanders Allen, y Stephen Greene Press, 1967.

Créditos de las ilustraciones

Las fuentes de las ilustraciones que aparecen en este libro se relacionan a continuación. Los créditos de las ilustraciones de izquierda a derecha están separados por signos de punto y coma, de arriba abajo están separados por guiones. 6-11: McDonnell Douglas Corp. 12, 13: McDonnell Douglas Corp., excepto la última, Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman. 14, 15: McDonnell Douglas Corp., salvo la de la derecha, Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman. 16: © Bibliothèque Royale, Bruselas. 18: cortesía Mrs. A.C. Williams, de *Testing Time: The Story of British Test Pilots and Their Airplanes*, © 1961 por Constance Babington-Smith, editado por Harper and Brothers, Nueva York. 19: *Flight International*, Surrey. 20-23: dibujo por Rob Wood, Stansbury, Ronsaville, Wood, Inc. 25: Museo de la Real Fuerza Aérea, Hendon. 26: de *Sky Fever*, por Geoffrey de Havilland, editado por Hamish Hamilton, Londres, 1961. 27: cortesía de Time Inc. Picture Collection. 28: Real Sociedad Aeronáutica, Londres. 30: dibujado por John Batchelor. 32, 33: cortesía del Museo del Aire, Le Bourget, fotografiado por Dmitri Kessel. 34: NASA, cortesía del Instituto Smithsoniano. 35: Jesse Davidson Collection. 36: Museo Imperial de la Guerra, Londres. 38, 39: Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman. 41: John W. Underwood Collection. 42: dibujo por Bill Hennessey. 44, 45: Lockheed-California Company. 46, 47: Jay Miller/Aerofax Inc.; Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, recuadro, Lockheed-California Company. 48, 49: The Norman Bel Geddes Collection, Hoblitzelles Theatre Arts Library, Centro de Investigación de Humanidades, Universidad de Texas en Austin, con permiso de Mrs. Edith Lutyens Bel Geddes, albacea testamentaria. 50: Jesse Davidson Collection. 51: Jay Miller/ Aerofax, Inc.; Boeing Company. 52, 53: Fuerza Aérea de EE UU—NASA(3). 54: Jesse Davidson Collection. 57: Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano. 59: cortesía de Summa Corporation. 60, 61: Bildarchiv Preussischer Kulturbesitz, Berlín. 62: Ullstein Bilderdienst, Berlín—Colección privada de la capitana Hanna Reitsch, de *Hanna Reitsch: Hohen und Tiefen 1945 bis zur Geganwart*, © 1978 por F.A. Herbig, Verlagsbuchhandlung, Munich y Berlín. 63: Ullstein Bilderdienst, Berlín. 64, 65: cortesía de testamentaria de Hanna Reitsch, Frankfurt, salvo la de la parte superior izquierda, Ullstein Bilderdienst, Berlín. 66: Oficina Central de Información, Londres. 68, 69: Bundesarchiv, Coblenza. 71: Museo de la Real Fuerza Aérea, Hendon. 72, 73: E.B. Morgan, Woking, Surrey. 75: Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman—Jesse Davidson Collection. 76, 77: Ullstein Bilderdienst, Berlín. 79: Fuerza Aérea de EE UU. 80-83: dibujos por John Batchelor. 85: Jesse Davidson Collection. 87-89: Glenn Odekirk Collection. 90, 91: American Hall of Aviation History Collection, Northrop University, recuadro, Jesse Davidson Collection. 92, 93: American Hall of Aviation History Collection, Northrop University, recuadro, Northrop Corporation. 94: American Hall of Aviation History Collection, Northrop University. 95: Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman—Northrop Corporation—Jesse Davidson Collection—Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman. 96: American Hall of Aviation History Collection, Northrop University. 97: Jesse Davidson Collection—American Hall of Aviation History Collection, Northrop University. 98, 99: Northrop Corporation(2); American Hall of Aviation History Collection, Northrop University. 100-105: dibujos por John Batchelor. 106, 107: Oficina de Historia del Centro de Vuelos de Prueba de la Fuerza Aérea. 109: dibujo por Bill Hennessey. 110: Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano. 114: Harry Gann Collection—dibujado por Mechanix Inc.—Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano. 116: British Aerospace, Hertfordshire. 117: Jesse Davidson Collection. 118, 119: Oficina de Historia del Centro de Vuelos de Prueba de la Fuerza Aérea. 120, 121: Loomis Dean para *Life*. 122: Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman. 124, 125: James A. Sugar de Black Star © 1981. 126: dibujo por Bill Hennessey—Fuerza Aérea de EE UU—dibujo por Bill Hennessey-NASA. 127: dibujo por Bill Hennessey—NASA(2). 128, 129: NASA; © Kenneth Garrett(3). 130, 131: © Kay Chernush—James A. Sugar de Black Star © 1981; *Aviation Week & Space Technology*. 132, 133: James A. Sugar de Black Star © 1981. 136, 137: Jesse Davidson Collection. 138: cortesía de Avions Marcel Dassault-Breguet Aviation, París. 139: foto G.I.F.A.S (J. Havard), París. 140: McDonnell Douglas Corp. 141: Jesse Davidson Collection. 142: Oficina de Historia del Centro de Vuelos de Prueba de la Fuerza Aérea; Fuerza Aérea de EE UU—Jay Miller/ Aerofax Inc. 145: Jesse Davidson Collection; Fuerza Aérea de EE UU. 146: John Bryson. 147: North American Aviation, Inc., cortesía de Time Inc. Picture Collection—John Bryson. 148: Jesse Davidson Collection. 149: Lockheed-California Company. 150: Jesse Davidson Collection—John W. Underwood Collection; Lockheed-California Company. 151: Hugh L. Dryden Flight Research Facility; Base Edwards de la Fuerza Aérea—Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman; Oficina de Historia del Centro de Vuelos de Prueba de la Fuerza Aérea. 152: Archivos de Historia del Centro de Vuelos de Prueba de la Fuerza Aérea en la Base Edwards de la Fuerza Aérea. 154, 155: Fuerza Aérea de EE UU. 157: Museo Nacional del Aire y el Espacio, cortesía del Instituto Smithsoniano, copiada por Leon Dishman. 158, 159: John G. Zimmerman/Fuerza Aérea de EE UU. 161: Jay Miller/Aerofax Inc. 162, 163: dibujo por John Batchelor. 164: General Dynamics Corp.—NASA. 165: James A. Sugar de Black Star © 1981. 166, 167: Arthur Gibson, Londres; James A. Sugar de Black Star © 1981—Bell Helicopter Textron Inc. 168, 169: Fuerza Aérea de EE UU; Bob Sherman. 170: Fuerza Aérea de EE UU (3)—Lockheed-California Company. 171: Fuerza Aérea de EE UU—NASA—Lockheed-California Company.

Bibliografía

Libros

Allen, James Ross, *Aerodynamics and Flight.* International Textbook, 1935.

Allen, Richard Sanders, *Revolution in the Sky: Those Fabulous Lockheeds and the Pilots Who Flew Them.* The Stephen Greene Press, 1967.

Anderson, Fred, *Northrop: An Aeronautical History.* Northrop Corporation, 1976.

Avions Marcel Dassault-Breguet Aviation: From Ouragan to Super Mirage 4000. Avions Marcel Dassault-Breguet Aviation, 1979.

Babington-Smith, Constance, *Testing Time: The Story of British Test Pilots and Their Aircraft.* Harper and Brothers, 1961.

Bowyer, Chaz, *Mosquito at War.* Charles Scribner's Sons, 1973.

Boyne, Walter J., y Donald S. López, *The Jet Age: Forty Years of Jet Aviation*. National Air and Space Museum, Smithsonian Institution, 1979.

Bridgman, Leonard, dtor., *Jane's All the World's Aircraft 1945-1946.* Arco, 1977.

Conradis, Heinz, *Design for Flight: The Kurt Tank Story.* Traducido por Kenneth Kettle. Londres: MacDonald, 1960.

Craig, James F., *Famous Aircraft: The Messerschmitt Bf. 109.* Arco, 1968.

Crossfield, A. Scott, con Clay Blair Jr., *Always Another Dawn: The Story of a Rocket Test Pilot.* Amo Press, 1972.

De Havilland, Sir Geoffrey, *Sky Fever.* Shrewsbury, Inglaterra: Airlife, 1979.

Fokker, Anthony H.G. y Bruce Gould, *Flying Dutchman: The Life of Anthony Fokker.* Amo Press, 1972.

Fowler, Harlan D., *Fowler Flaps for Airplanes: An Engineering Handbook.* Wetzel, 1948.

Foxworth, Thomas G., *The Speed Seekers.* Doubleday, 1974.

Francillon, René J., *McDonnell Douglas Aircraft since 1920.* Londres: Putnam, 1979.

Gibbs-Smith, Charles Harvard:
The Aeroplane: An Historical Survey of Its Origins and Development. Londres: Her Majesty's Stationery Office, 1960.
The Invention of the Aeroplane (1799-1909). Taplinger, 1965.

Glines, Carroll V. y Wendell F. Moseley, *The Legendary DC-3.* Van Nostrand Reinhold, 1979. Gray, George W., *Frontiers of Flight: The Story of NACA Research.* Alfred A. Knopf, 1948.

Green, William:
Famous Fighters of the Second World War. Hanover House, 1957.
The Warplanes of the Third Reich. Doubleday, 1970.

Gunston, Bill:
Classic Aircraft Fighters. Grosset & Dunlap, 1978.
Early Supersonic Fighters of the West. Charles Scribner's Sons, 1976.
The Illustrated Encyclopedia of the World's Modern Military Aircraft. Salamander Books, 1977.

Gurney, Gene, dtor., *Test Pilots.* Franklin Watts, 1962.

Hallion, Richard P., *Test Pilots: The Frontiersmen of Flight.* Doubleday, 1981.

Hallion, Richard P., dtor., *The Wright Brothers: Heirs of Prometheus.* National Air and Space Museum, Smithsonian Institution, 1978.

Harker, Ronald W., *The Engines Were Rolls-Royce: An Informal History of That Famous Company.* MacMillan, 1979.

Hegener, Henri, *Fokker: The Man and His Aircraft.* Letchworth, Inglaterra: Harleyford, 1961.

Holland, Maurice, con Thomas M. Smith, *Architects of Aviation.* Duell, Sloan and Pearce, 1951.

Ingells, Douglas J.:
The McDonnell Douglas Story. Aero, 1979.
The Plane that Changed the World: A Biography of the DC-3. Aero, sin fecha.

Keats, John, *Howard Hughes.* Random House, 1966.

Kennode, Alfred Coterill, *Mechanics of Flight.* Pitman, 1971.

Kinert, Reed, *Racing Planes and Air Races, a Complete History.* Vol. 3. Aero, 1969.

Knaack, Marcelle Size, *Encyclopedia of U.S. Air Force Aircraft and Missile Systems,* Vol. 1. Office of Air Force History, 1978.

Lewis, Peter, *British Aircraft 1809-1914.* Londres: Putnam, 1962.

Lockheed Aircraft Corporation, *Lockheed's Family Tree: A History of the Company's Early Aircraft.* Lockheed Aircraft, 1978.

Ludington, Charles Townsend, *Smoke Streams: Visualized Air Flow.* Coward-McCann, 1943.

Mason, Francis K., *Harrier.* Naval Institute Press, 1981.

Matt, Paul R., con Thomas G. Foxworth, Ken C. Rust, dtores., *Historical Aviation Album, All American Series,* Vol. 16. Historical Aviation Album, 1980.

Maynard, Crosby, *Flight Plan for Tomorrow: The Douglas Story, a Condensed History.* Douglas Aircraft, 1966.

Miller, Ronald E. y David Sawers, *The Technical Development of Modern Aviation.* Londres: Routledge & Kegan Paul, 1968.

Mohler, Stanley R. y Bobby H. Johnson, *Wiley Post, His Winnie Mae, and the World's First Pressure Suit.* Smithsonian Institution Press, 1971.

Munson, Kenneth:
Airliners between the Wars 1919-1939. McMillan, 1972.
German Aircraft of World War 2. Poole, Inglaterra: Blandford Press, 1978.
Pioneer Aircraft 1903-1914. McMillan, 1969.

Nayler, J.L. y E. Ower, *Aviation: Its Technical Development.* Dufour Editions, 1965.

Nowarra, Heinz J.:
The Focke-Wulf 190: Famous German Fighter. Aero, 1965.
The Messerschmitt 109: A Famous German Fighter. Aero, 1963.

Odekirk, Glenn, *HK-1 Hercules: A Pictorial History of the Fantastic Hughes Flying Boat.* Fragments West, 1982.

Pendray, G. Edward, dtor., *The Guggenheim Medalists: Architects of the Age of Flight.* The Guggenheim Medal Board of Award, 1964.

Perry, Robert, *A Dassault Dossier: Aircraft Acquisition in France.* The Rand Corporation, 1973.

Petit, Edmond, *Nouvelle Histoire Mondiale de l'Aviation.* París: Librairie Hachette, 1973.

Pope, Alan, *Aerodynamics of Supersonic Flight: An Introduction.* Pitman, 1950.

Randers-Pherson, Nils Henrik, *Pioneer Wind Tunnels.* The Smithsonian Institution, 1935.

Reitsch, Hanna, *Flying is My Life.* Traducido por Lawrence Wilson, G.P. Putnam's Sons, 1954.

Schlaifer, Robert y S.D. Heron, *Development of Aircraft Engines y Development of Aviation Fuels.* Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1950.

Shapiro, Ascher H., *Shape and Flow: The Fluid Dynamics of Drag.* Doubleday, 1961.

The Society of Experimental Test Pilots, *1975 Report to the Aerospace Profession, Nineteenth Symposium Proceedings,* 1975.

Spenser, Jay P., *Bellanca C.F.: The Emergence of the Cabin Monoplane in the United States.* Smithsonian Institution Press, 1982.

Stephens, Moye W., «Whither The Wild Blue Yonder?» Original, sin fecha.

Talay, Theodore A., *Introduction to the Aerodynamics of Flight.* National Aeronautics and Space Administration, 1975.

Tantum, W.H. y E. J. Hoffschmidt, dtores., *The Rise and Fall of the German Air Force.* WE inc., 1969.

Tayler, C. Fayette, *Aircraft Propulsion: A Review of Aircraft Piston Engines.* Smithsonian Institution, 1971.

Taylor, Michael J. H., *Jane's Pocket Book of Research and Experimental Aircraft.* MacMillan, 1976.

United States National Aeronautics and Space Administration:
Technical Facilities Catalog, Vol. 1, 1974.
Wind Tunnels of NASA. Sin fecha.

United States Navy, Bureau of Aeronautics, Training Division, *Principles of Flying.* McGraw-Hill, 1943.

Vader, John, *Spitfire.* Ballantine Books, 1969.

Van Ishoven, Armand:
Messerschmitt: Aircraft Designer. Doubleday, 1975.
Messerschmitt Bf 109 at War. Charles Scribner's Sons, 1977.

Vickers-Armstrong Limited, *Supermarine Spitfire: 40th Anniversary.* 1976.

Villard, Henry Serrano, *Contact! The Story of the Early Birds.* Bonanza Books, 1968.

Von Kármán, Theodore, *Aerodynamics.* Cornell University Press, 1954.

Wagner, Ray, *American Combat Planes.* Doubleday, 1982.

Wellbourne, G.V., *Flight and Engines.* Londres: Blackie & Son, 1945.

Weyl, A. R., *Fokker: The Creative Years.* Londres: Putnam, 1965.

Whittle, Sir Frank, *Jet: The Story of a Pioneer.* Londres: Frederick Muller, 1953.

Wolfe, Tom, *The Right Stuff.* Bantam Books, 1979.

Wolko, Howard S., *In the Cause of Flight: Technologists of Aeronautics and Astronautics.* Smithsonian Institution Press, 1981.

Wooldridge, E. T., Jr., *The P-80 Shooting Star, Evolution of a Jet Fighter.* Smithsonian Institution Press, 1979.

Publicaciones periódicas

Johnson, Clarence L., «Development of the Lockheed SR-71 Blackbird». *Lockheed Horizons,* invierno 1981/82.

Saar, John, «New Wind Tunnels Shape the Future». *Smithsonian,* enero 1982.

Índice

Los números en cursiva indican la existencia de una ilustración sobre el tema mencionado.



TIME
LIFE
folio